
THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTE DES SCIENCES DE CAEN

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR D'UNIVERSITÉ DE CAEN

(Mention Sciences)

PAR

OTTO GROVE M. SC.

1^{re} Thèse

SUR LA BIOLOGIE ET LA FERMENTATION DU JUS DE POMME ET DU CIDRE.

2^e Thèse

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

SUR LES SUBSTANCES CAPABLES D'ARRÊTER LA FERMENTATION ALCOOLIQUE.

Soutenues le

devant la Commission d'Examen

MM. CHAUVENET..... *Président.*

MOREAU.....

BOUYGUES.....

WARCOLLIER ...

} *Examineurs.*

ATELIER ELEKTRA

Copenhague

1937

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTE DES SCIENCES DE CAEN

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR D'UNIVERSITÉ DE CAEN

(Mention Sciences)

PAR

OTTO GROVE M. SC.

1^{re} Thèse

SUR LA BIOLOGIE ET LA FERMENTATION DU JUS DE POMME ET DU CIDRE.

2^e Thèse

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

SUR LES SUBSTANCES CAPABLES D'ARRÊTER LA FERMENTATION ALCOOLIQUE.

Soutenues le

devant la Commission d'Examen

MM. CHAUVENET *Président.*

MOREAU	}	<i>Examineurs.</i>
BOUYGUES		
WARCOLLIER		

ATELIER ELEKTRA

Copenhague

1937

Faculté des Sciences de l'Université de Caen

MM.

Doyen BLANC, Professeur.

Assesseur ZORETTI, Professeur.

Doyen honoraire BIGOT, Correspondant de l'Institut.

Professeur honoraire MAURAIN, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.

Professeurs	{	ZORETTI, Mécanique générale.
		BLANC, Physique et Minéralogie.
		MERCIER, Zoologie et physiologie animale.
		CHAUVENET, Chimie générale.
		JANET, Calcul différentiel et intégral.
		MOREAU, Botanique
		DANGEARD, Géologie et paléontologie.
Professeurs	{	AUDIGÉ, Zoologie.
		BOUYGUES, Botanique.

Maîtres de Conférences	{	LE ROUX, Physique.
		M ^{me} DEMASSIEUX, Chimie.

Secrétaire ROUX.



*La Faculté n'entend donner aucune appro-
bation ou improbation aux opinions émises
dans les thèses ; ces opinions doivent être
considérées comme propres à leurs auteurs.*

**SUR LA BIOLOGIE
ET LA FERMENTATION
DU JUS DE POMME
ET DU CIDRE**

Par
OTTO GROVE, M.Sc.

ATELIER ELEKTRA

Copenhague

1937

TABLE DES MATIÈRES

Sur la biologie et la fermentation du jus de pomme et du cidre	1
Les bactéries qui produisent l'acide acétique du cidre . . .	22
Maladie de la pousse ou tourne	37
La maladie de la graisse, et le bacille auquel elle est due .	51
L'influence de l'azote sur la fermentation	55
Recherches sur le rôle des levures pures dans la fermentation .	59
Recherches sur le matériel dans lequel on loge le cidre . .	64
L'emploi de l'anhydride sulfureux comme préservatif dans la fabrication du cidre	68
Quelques nouveaux modèles de filtre	79
La clarification du cidre par centrifugeur	83
Résumé	92
Appendix	93
Description des figures	94
Graphiques	97



Digitized by the Internet Archive
in 2026

**SUR LA BIOLOGIE
ET LA FERMENTATION
DU JUS DE POMME
ET DU CIDRE**

SUR LA BIOLOGIE ET LA FERMENTATION DU JUS DE POMME ET DU CIDRE

DEPUIS le début du siècle, l'industrie cidricole anglaise a subi une transformation profonde. Elle a cessé d'être un à côté de la production agricole pour devenir une industrie importante.

Il y a une trentaine d'années, il n'existait que quelques cidreries, et la production du cidre était presque exclusivement entre les mains de petits propriétaires. Aujourd'hui, où le cidre est devenu une boisson nationale, il existe en Angleterre, et principalement dans la région de l'ouest, un grand nombre de cidreries importantes. Ce nombre augmente d'ailleurs tous les jours, et récemment plusieurs brasseries ont entrepris la fabrication du cidre sur une grande échelle.

Ce changement est dû à plusieurs causes dont les plus importantes sont : l'augmentation de l'impôt sur la bière (le cidre, pour l'instant, n'est pas imposé) ; la constatation que le cidre est une boisson hygiénique ; enfin, et surtout, les recherches faites sur le cidre et autres jus de fruits. En Angleterre, ces recherches ont été conduites de 1904 à 1912 par M. B. J. Barker, professeur de biologie à l'université de Bristol et directeur des stations de recherches agricoles qui y sont rattachées, et de 1912 jusqu'à ce jour exclusivement par l'auteur.

Quand, autrefois, c'était le propriétaire qui faisait le cidre, il mettait tout simplement le jus extrait des pommes dans des tonneaux, et il l'y laissait fermenter. Au printemps il le soutirait de la lie. Il en résultait une boisson âpre, le sucre provenant des fruits ayant été complètement transformé par la fermentation. Ce cidre qui était presque exclusivement consommé par la population rurale lui était vendu en fût.

Aujourd'hui le cidre qui trouve faveur auprès du public est celui qui a conservé une certaine douceur due à l'incomplète fermentation du sucre des fruits. Il est généralement livré en bouteilles à la consommation urbaine.

MICRO-ORGANISMES DU CIDRE

Les colonies de micro-organismes qu'on trouve dans le jus de pomme et dans le cidre sont naturellement très diverses, et l'on se propose dans les lignes qui vont suivre d'en étudier les types les plus importants.

Dans la première section, on s'occupera exclusivement de types

trouvés dans certains cidres en bouteille. Cinq échantillons de cidre furent utilisés dans ce but, dont trois étaient exclusivement le produit de pommes « Sweet Alford », et qu'on appela Sweet Alford No. 1, 2, 3, ayant été fabriqué au cours de trois saisons successives. Les deux autres échantillons provenaient exclusivement de pommes « Kingston Black », et furent produits au cours de deux saisons successives et sont désignés sous le nom de Kingston Black No. 1 et 2.

Pour isoler à l'état pur les différentes variétés de levure présentes dans ces cidres, on prépara des cultures sur plaques gélatine-10 % moût de bière divisées en carrés. Voici comment l'on procéda :

En ce qui concerne chacun des échantillons, onensemença des tubes de moût de bière stérilisé avec une petite quantité du cidre (après avoir préalablement agité la bouteille), et on laissa l'incubation se faire pendant 24 heures à 27° C. afin d'obtenir les cellules dans une condition active.

Au bout de cette période onensemença un tube de gélatine-10% moût de bière avec une goutte de ce liquide, et l'on prépara 7 cultures sur plaques divisées.

On examina ensuite les plaques, et après avoir observé les caractères extérieurs des différentes colonies et leur aspect au microscope, on détermina grossièrement les différentes espèces et on les isola.

Quand on se trouvait en présence de plaques qui contenaient relativement peu de colonies, il était permis de penser que chacune d'elles provenait d'une seule cellule. Avec ces colonies bien séparées, on fit des cultures de surface dans des tubes de gélatine-moût de bière, et l'on considéra que le résultat pouvait être regardé comme des cultures pures.

La pureté de ces cultures fut ensuite éprouvée. Avec chacune d'elles on prépara 4 cultures sur plaques divisées. Les colonies qu'on obtint ainsi furent soigneusement examinées afin de se rendre compte si elles étaient bien toutes semblables. Quand toutes les colonies étaient identiques (ce fut le cas, à part une exception) on repiqua l'une d'elles et l'on conserva la culture qu'on obtint ainsi comme souche. Dans le cas de la colonie impure, on en sépara une colonie possédant les caractères typiques et on s'en servit pour obtenir une souche. Toutes les fois qu'on ouvrit le tube contenant la souche, pour obtenir un échantillon de la colonie, on fit une nouvelle culture de façon à éviter que les cultures ne deviennent impures en raison de leur contact avec l'air. On fit aussi de temps en temps des cultures sur plaques pour voir si la levure conservait ses caractères typiques.

De cette façon on obtint une quinzaine de variétés, et l'on étudia

la façon dont elles se comportèrent dans différentes conditions de cultures.

MÉTHODE DE CULTURES

On utilisa les résultats obtenus dans les cultures des levures dans différents milieux pour s'assurer des caractères spécifiques de chacune d'entre elles et distinguer les variétés les unes des autres.

Les caractères qui nous furent les plus utiles furent les suivants:

I. *Bourgeonnement.*

On étudia le bourgeonnement en cultures humides sur gélatine-10% moût de bière, et l'on observa au microscope pendant plusieurs générations le développement d'une seule cellule.

Certaines variétés étaient très caractéristiques, mais les différences entre elles n'étaient pas suffisamment marquées pour nous permettre de distinguer les espèces.

II. *Formes de colonies des cultures sur plaques.*

Dans la plupart des cas les colonies ont une apparence plus ou moins caractéristique qui nous fut très utile pour séparer les variétés.

Quelques-unes étaient sèches et massives tandis que d'autres étaient humides et semi-transparentes. Les bords des colonies étaient également différents, certains étant unis tandis que d'autres étaient irréguliers, crénelés et avaient quelque peu l'aspect de mycélium.

III. *Cultures en surface.*

Les colonies en résultant ressemblaient beaucoup à celles obtenues sur plaques. L'avantage de cette méthode, c'est qu'elle permet de suivre plus longtemps le développement des colonies, car la culture se conserve plus aisément pure et sèche moins vite.

On prépara également des cultures en surface en vue de comparer le développement des colonies, cette comparaison n'intervenant qu'entre cultures de même âge.

Les caractères qui nous permirent le mieux de distinguer entre les différentes formes furent les suivants:

1. L'aspect général de la colonie (compacte ou s'étendant, sèche ou humide).
2. La nature de la colonie (plate ou en amas).
3. Les caractères de la bande (unie ou plissée).
4. Les caractères des bords (unis, crénelés, irréguliers ou mycéloïdes).

La ressemblance entre certaines bandes était si grande qu'elle permit de supposer que quelques-unes des variétés étaient identiques : hypothèse qui se vérifia dans la suite dans deux cas.

IV. *Forme de la végétation.*

Bien qu'elle ne puisse apporter une preuve bien sûre de l'identité des levures, elle permet toutefois d'obtenir certaines indications utiles.

La comparaison de la végétation des levures fut faite après observation dans des conditions identiques, c'est-à-dire :

1. Jeunes cultures en moût de bière après 24 heures d'incubation à 26° C.
2. Végétation sédimentaire de cultures en moût de bière après la fermentation, c'est-à-dire au bout de 15 jours d'incubation à 26° C.
3. Jeunes cultures sur moût de bière-gélatine, en bande ou sur plaques.
4. Formes des cellules des vieilles cultures en surface sur moût de bière-gélatine (cultures de 4 mois environ). On observa que les cellules différaient généralement de forme et de taille, et que leur contenu protoplasmique avait un aspect caractéristique.

La taille des cellules était très variable, et par comparaison avec celle des levures ordinaires de bière, était très petite.

V. *Pellicules.*

Onensemça des flacons de moût de bière avec chacune des levures, et l'on n'y toucha pas pendant quelque temps afin de permettre à une pellicule de se former. On n'obtint aucun résultat satisfaisant, car, sauf dans trois cas, il ne se forma pas de pellicule. Dans quelques cas, on observa une très légère formation de pellicule, comme on en trouve souvent à la surface des liquides qui contiennent des bactéries.

Ce caractère ne nous fut donc pas d'une très grande utilité dans la plupart des cas.

Dans quelques cas, on trouva qu'il s'était formé un cercle bien défini de levure.

VI. *Formation de spores.*

En vue d'obtenir une abondante quantité de spores, on eut recours à différentes méthodes, mais aucune ne donna de résultats satisfaisants.

1. Méthode ordinaire du bloc de plâtre. On versa sur le bloc quelques gouttes d'une jeune et vigoureuse culture en moût de

bière après 24 heures d'incubation à 26° C. On conserva le bloc dans un plat couvert, et on l'humecta avec de l'eau distillée stérilisée.

2. On remplaça les blocs de plâtre par des morceaux de porcelaine poreuse stérilisée que l'on mit dans des plats Pétri et que l'on ensemença avec des cultures en moût de bière et des cultures en glucose-solution de Meyer, ces dernières ne donnant d'ailleurs que de faibles résultats. On conserva ces cultures à diverses températures, dans l'espoir de trouver celle qui était la plus favorable à la formation de spores, mais les résultats furent si incertains qu'ils ne nous furent d'aucune utilité.
3. On plaça également des plaques dans des vaisseaux étanches à l'air dans lesquels on avait placé une forte solution de potasse caustique dans le but d'absorber le gaz carbonique qui pourrait se former, car on pensait que l'accumulation de ce gaz pouvait gêner la formation des spores, mais sauf en un cas, les résultats ne furent guère meilleurs.
4. On cultiva les levures sur des morceaux de carotte et de pomme de terre. L'incubation se fit à 26° C. Cette méthode donna dans la plupart des cas les résultats les plus satisfaisants.

On examina de temps en temps les cultures, et on nota les premiers indices d'une formation de spores.

Puisque certaines variétés ne produisirent jamais de spores bien qu'on eût utilisé toutes les méthodes qui pussent amener ce résultat, on est amené à penser que ce sont des *Torulæ*.

Ce qui accrût considérablement nos difficultés, c'est qu'il semble que les levures perdent peu à peu la propriété de former des spores après une culture prolongée sur un milieu artificiel. Au cours de la dernière partie de notre travail, il fallut beaucoup plus de temps pour obtenir des spores, et le pourcentage des cellules qui en contenait devint de plus en plus petit.

VII. *Germination des spores.*

On trouva que la meilleure méthode pour observer les stades de la germination des spores consistait à ensemencer des tubes contenant une très petite quantité de moût de bière avec une quantité comparativement considérable d'une culture contenant des spores.

On chauffa le liquide à 60° C. pendant 5 minutes, et après une incubation à 26° C. pendant 24 heures, on examina un peu de la culture.

On s'assura que les corpuscules à l'intérieur des cellules étaient bien des spores, car dans bien des cas les cellules-mères avaient éclaté

et les spores gonflés qui en provenaient avaient commencé à bourgeonner. Dans d'autres cas on observa le gonflement progressif des spores et l'éclatement de la paroi de la cellule-mère amenant ainsi la libération des spores.

VIII. *Températures limites de développement.*

On détermina les températures maxima pour les différentes variétés d'après le degré de développement de cultures en surface sur agar-moult de bière (2%).

Ces températures variaient considérablement. Une variété se développait bien à 38° C., bien qu'une température avoisinant 35° C. parût la plus favorable pour la majorité.

Les températures que l'on expérimenta furent celles de 28° C., 30° C., 32° 5 C., 35° C. et 38° C.

On ne détermina pas les températures limites minima, chacune des variétés pouvant se développer au-dessous de 6° C.

IX. *Action des sucres.*

On rechercha la puissance fermentative de ces levures en ensemençant des tubes d'une solution de Meyer avec chacune des variétés. On employa respectivement la dextrose, la lévulose, la saccharose, la maltose et la lactose.

On remarqua que dans beaucoup de cas les fermentations étaient à peu près identiques, et que dans toutes les expériences la lactose resta intacte.

Deux variétés produisirent une pellicule bien définie sur tous les liquides, et une autre n'en produisit que sur la maltose. Dans ces cas, on ne constata aucune fermentation dans aucun des sucres.

X. *Liquéfaction de la gélatine.*

Plusieurs des formes que l'on isola possèdent la propriété de liquéfier la gélatine, quelques-unes au bout d'une quinzaine, d'autres n'y réussissent qu'après que la culture est devenue assez vieille. Dans la gélatine liquide, la végétation semble généralement prendre des caractères plutôt anormaux, en raison probablement du manque d'oxygène.

D'autres formes causent une très légère liquéfaction qu'on observe spécialement en culture humide. Dans ce cas la gélatine semble se liquéfier au voisinage immédiat des cellules. Toutes les variétés qui ont une bande humide possèdent probablement cette propriété dans une certaine mesure, bien qu'elle ne soit pas assez marquée pour liquéfier toute la gélatine.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES ESPÈCES ISOLÉES

D'un cidre Sweet Alford on obtint trois levures, A, B et C.

Levure A. Morphologie.

En culture sur plaque la levure A avait l'aspect de colonies sphériques sèches, aux bords légèrement crénelés. Sa bande était caractéristique, amoncelée sur la gélatine et formant une arête dont les côtés plissés tombaient en pente raide et avaient tendance à se franger sur les bords. Le tout avait un aspect crémeux et solide (Pl. VII, fig. 70). Après une période de temps assez considérable, il y avait quelquefois liquéfaction de la gélatine.

Végétation. Les jeunes cultures en moût de bière possédaient des cellules ovales assez uniformes. Taille $8\ \mu\ 5$ sur $6\ \mu\ 1$ (Pl. I, fig. 1).

Les jeunes cultures en surfaces possédaient des cellules identiques, mais on y trouvait davantage de cellules en forme de saucisse. Elles étaient plus granuleuses.

Vieilles cultures en surface. On y trouvait des cellules de formes et de grosseurs très variées. Leur contenu était ou bien très granuleux ou rassemblé en gros globules. Beaucoup de spores, de forme sphérique, qu'on trouvait au nombre de 2, 3 ou 4 dans une cellule-mère (Pl. I, fig. 2).

Végétation sédimentaire. Cellules ovales ou allongées au contenu plus ou moins granuleux (Pl. I, fig. 3).

Formation de spores. Cette espèce donne assez facilement des spores quand on la cultive sur pomme de terre. Elle en produit abondamment sur porcelaine poreuse à la température ordinaire du laboratoire après environ 90 heures.

Elle forme aussi des spores à des températures plus basses (15°C.), mais on n'en trouve aucun dans les cultures conservées à 26°C. (Pl. I, fig. 4). Grosseur $3\ \mu\ 1$.

Germination des spores. La Pl. I, fig. 5, montre les stades de la germination.

La cellule-mère éclate et les spores gonflés commencent souvent à bourgeonner alors qu'ils se trouvent encore à l'intérieur des restes de l'enveloppe cellulaire.

Le bourgeonnement se fait d'une façon très simple, chaque cellule produisant un bourgeon terminal qui grossit, et ensuite un bourgeon latéral tout près de l'ancien (Pl. I, fig. 6).

Physiologie. Temp. max. entre 35° et 38°C. A cette première température, les colonies se développent modérément. Elles ne se développent pas du tout à 38°C.

Fermentations. Fait fermenter le dextrose, le saccharose, le lévulose et le maltose.

Levure B. Morphologie.

La levure B possède la plupart des caractères de la levure A. Les colonies des cultures sur plaques sont sphériques, sèches, et leurs bords ont une tendance à se franger. A certains stades de leur développement les bandes (Pl. VIII, fig. 71) ne peuvent se distinguer de celles de la levure A, bien qu'elles semblent se développer plus lentement, et qu'elles liquéfient toujours la gélatine au bout de quelque temps, propriété que n'a pas toujours la levure A, et qu'elle ne semble avoir que sur une gélatine jeune.

Végétation. Les jeunes cultures en moût de bière consistent en cellules de même aspect que celles de la levure A, mais leurs dimensions sont toutefois différentes— $6\ \mu\ 8$ sur $10\ \mu\ 2 - 4\ \mu\ 4$ (Pl. I, fig. 7).

Jeunes cultures en surface. Identiques à celles de A du même âge.

Les vieilles cultures en surface, qui se sont liquéfiées, contiennent de nombreux spores qu'on trouve généralement au nombre de 3 ou 4 par cellule, bien que dans certaines cellules allongées on en trouve jusqu'à 7, 8, et même 14, ce qui distingue cette espèce de l'espèce A (Pl. I, fig. 8).

Les cellules ordinaires ont l'aspect granuleux, mais on n'y trouve pas les gros globules qu'on trouve dans A.

Végétation sédimentaire. Cellules de formes sphériques ou ovales au contenu granuleux ou homogène. Ce type de végétation est très semblable à celui de A, sauf qu'on n'y trouve pas de cellules allongées (Pl. II, fig. 9).

Formation des spores. On la provoque assez facilement en cultivant la levure sur carotte ou sur porcelaine poreuse. En utilisant cette dernière méthode, on obtient des spores au bout de 42 heures à 26°C ., ou au bout de 90 heures à la température ordinaire; il s'en forme également quelques-uns à $14^{\circ}7\text{C}$. La Pl. II, fig. 10, montre les spores tels qu'ils se forment sur carotte, et l'on peut voir que les cellules qui les contiennent ont quelquefois une forme curieuse et que, apparemment, tout le protoplasme de la cellule-mère n'est pas employé à les former, car on trouve une masse granuleuse dans la partie renflée de la cellule. Grosseur $3\ \mu\ 9$.

Germination des spores. On rencontre souvent les stades figurant à la Pl. I, fig. 11 dans lesquels on voit les spores s'échappant de l'enveloppe brisée de la cellule-mère.

Bourgeonnement. Le phénomène se passe comme pour A (Pl. I, fig. 12).

Physiologie. Temp. max. environ 35° C.

Fermentations. Fait fermenter le dextrose, le lévulose, le saccharose et le maltose.

Levure C. Morphologie.

Cette variété est très différente de A et de B. Les cultures sur plaques donnent des colonies sphériques, humides et légèrement transparentes, et une bande caractéristique humide et étendue, aux bords plissés et en festons (Pl. VII, fig. 72). Pendant la première période de son développement, la surface de la bande était parfaitement lisse, mais dans les cultures plus anciennes cette surface changea complètement d'aspect et se recouvrit de gros grains. Ceci est peut-être dû à une culture prolongée sur un milieu artificiel, car des cultures sur plaques provenant de la bande ne présentaient aucune impureté.

Végétation. Dans les jeunes cultures en moût de bière, les cellules ovales de taille moyenne ou petite prédominent. Grosseur moyenne 4 μ 5 sur 3 μ 7 (Pl. II, fig. 13).

Les jeunes cultures en gélatine produisent une végétation très semblable, sauf qu'on y trouve souvent de petites granules à l'intérieur de la vacuole ou autour d'elle.

Dans les vieilles bandes, les cellules sont généralement sphériques ou ovales et contiennent peu de matière qu'on trouve rassemblée en amas granuleux à leurs deux extrémités (Pl. II, fig. 15).

Formation des spores. Cette variété de levure ne produit pas de spores; on doit donc y voir une forme de *Torula*.

Bourgeonnement. Il est très caractéristique, mais il est très difficile à observer au microscope car les cellules sont très petites et les bourgeons glissent les uns sur les autres en raison de la légère liquéfaction de la gélatine au voisinage des cellules (Pl. II, fig. 16).

Physiologie. Temp. max. entre 35° et 37° 5 C.

Fermentations. Fait fermenter le dextrose, le lévulose, le saccharose et le maltose.

D'un cidre Sweet Alford 2, on isola les levures D, E et F.

Levure D. Morphologie.

La levure D se distingue par ses colonies sèches, sphériques, ayant l'aspect du givre. Plus tard ces colonies ont une tendance à se répandre sur la gélatine, les bords devenant irréguliers et se frangeant. Les bandes ont également l'aspect du givre au début, mais deviennent

ensuite plutôt humides et presque plates, avec des bords légèrement frangés (Pl. VII, fig. 73).

Végétation. Jeunes cultures en moût de bière. Les cellules ovales de taille moyenne sont les plus communes ($4\ \mu\ 5$ sur $3\ \mu\ 7$) bien qu'on y trouve quelques cellules allongées en forme de bâtonnet (Pl. II, fig. 17).

Plus tard cette levure forme une pellicule à la surface du moût de bière. Les cellules en sont ovales et présentent généralement un grand vide au centre et quelques granules réfringents (Pl. II, fig. 20).

Les jeunes cultures en bandes montrent des cellules uniformément ovales et en forme de saucisse présentant des vides très nettement visibles et des granules brillants.

Dans les vieilles bandes, la végétation n'est pas très différente, les cellules retenant la plupart de leurs caractères originaux. Cette espèce est en réalité très remarquable en raison de l'extrême uniformité de la végétation sur différents milieux et à différents âges (Pl. II, fig. 18).

Végétation sédimentaire. Cellules de grosseur moyenne, ovales, avec plus ou moins de vides et de granules. Il s'en trouve quelques-unes qui sont allongées et qui forment une chaîne (Pl. II, fig. 19).

Formation des spores. On n'a trouvé aucun spore sur aucun des milieux employés.

Bourgeonnement. Le bourgeonnement est très simple. Deux cellules placées bout à bout donnent des bourgeons terminaux, et le phénomène se poursuit dans les deux directions en donnant des bourgeons terminaux et latéraux (Pl. II, fig. 21).

Physiologie. Temp. max. 32°C . A cette température il n'y a pour ainsi dire aucun développement.

Fermentations. Cette levure produit une pellicule sur tous les sucres, mais ne provoque aucune fermentation.

Levure E. Morphologie.

Dans les cultures sur plaques, la levure E donne des colonies sphériques humides qui ont tendance à être transparentes. Les cultures en surface ne peuvent guère se distinguer de celles de la levure D (Pl. VII, fig. 74).

Végétation. Les jeunes cultures en moût de bière présentent des cellules ovales de grosseur moyenne ($11\ \mu\ 9$ — $6\ \mu\ 8$ sur $3\ \mu\ 4$) avec un ou deux espaces vides contenant quelques granules (Pl. II, fig. 23), tandis que dans les jeunes bandes les cellules sont plus homogènes et ne contiennent aucun granule.

Dans les vieilles bandes les cellules sont ovales et de grosseur

moyenne, mais 50% d'entre elles sont allongées et ont souvent un bourgeonnement à chaque bout, ou bien sont reliées en chaîne (Pl. II, fig. 23). Le protoplasme contient des espaces vides avec souvent quelques granules réfringents.

La végétation sédimentaire est peu développée et consiste en cellules ovales ou en forme de saucisse de grosseur moyenne ou petite contenant des espaces vides et des corpuscules nourrissants (Pl. II, fig. 24). Cette forme de levure, comme la levure D, produit sur le moût de bière une pellicule, dont les cellules sont ovales et homogènes mais contiennent un ou plusieurs granules (Pl. III, fig. 25).

Formation des spores. Cette espèce, comme celles de C et de D, est une levure *Torula* ne produisant pas de spores.

Bourgeonnement. Ce phénomène se produit d'une façon identique à celui de la levure D (Pl. III, fig. 26).

Physiologie. Temp. max. aux environs de 38° C., de telle sorte qu'on peut classer cette espèce parmi celles se développant à haute température.

Fermentations. Ne fermente aucun des sucres, mais produit une pellicule dans une solution de maltose.

Levure F. Morphologie.

La levure F forme des colonies sphériques à l'aspect solide, aux bords lisses, et une bande légèrement humide d'apparence laiteuse à la surface et aux bords unis et se développant assez rapidement (Pl. VII, fig. 75). Type extrêmement intéressant car il se conjugue dans les cultures sur plaques vieilles de quelques jours.

Végétation. Dans les jeunes cultures en moût de bière les cellules sont ordinairement ovales (grosseur $6\mu 8$ sur $3\mu 4$) et sont très homogènes (Pl. III, fig. 27), mais dans les cultures sur gélatine, l'intérieur des cellules contient davantage d'espaces vides et renferme généralement des granules.

Dans les vieilles cultures en surface, les cellules sont généralement de grosseur moyenne. Beaucoup d'entre elles sont sphériques et présentent plusieurs bourgeons. On trouve tous les stades de la conjugaison et de la production de spores (Pl. III, figs. 28 et 30).

La conjugaison semble être plus ou moins le résultat du manque de nourriture, car elle se produit dans les cultures en surface après une période beaucoup plus longue que dans les cultures sur plaques. Le temps nécessaire pour que ce phénomène se produise est maintenant certainement plus long après une culture prolongée sur des milieux artificiels qu'il ne l'est quand la levure vient d'être isolée,

peut-être parce qu'elle s'est habituée aux conditions actuelles de la culture. Le phénomène de la conjugaison n'a pu être suivi au microscope, mais après avoir observé ses différents stades nous pouvons à peu près affirmer que deux bourgeons se réunissent pour ne former qu'une cellule qui forme ensuite des spores comme dans les *Zygosaccharomyces* (Barker, 2). Normalement il se forme deux spores dans la cellule ainsi formée, mais on en trouve quelquefois trois, et quelquefois un, leur nombre dépendant probablement de la grosseur des cellules conjuguées. Il arrive que les cellules réunies présentent des bourgeons qui se sont probablement formés avant la conjugaison.

Végétation sédimentaire. Elle consiste en cellules ovales de taille moyenne ou de petites cellules en forme de saucisse. Certaines d'entre elles sont homogènes, d'autres granuleuses, d'autres enfin contiennent des espaces vides (Pl. III, fig. 29).

Formation des spores. Il y a conjugaison et formation de spores sur blocs poreux et sur pomme de terre. Ces phénomènes se produisent aussi dans les cultures en surface sur moût de bière-gélatine. Grosseur des spores $3\ \mu$ 1.

Germination des spores. Quand ils germent les spores se gonflent et brisent l'enveloppe de la cellule-mère. Ils commencent à bourgeonner alors même qu'ils sont encore en partie enfermés à l'intérieur de l'enveloppe (Pl. III, fig. 31).

Bourgeonnement. Il ne présente pas de caractère distinctif. Il se forme un bourgeon terminal qui devient de la grosseur de la cellule-mère, et chaque cellule continue à bourgeonner. En général chaque cellule ne donne qu'un bourgeon (Pl. III, fig. 32).

Physiologie. Temp. max. entre 30° et 32° C.

Fermentations. Fait fermenter le dextrose, le lévulose et le saccharose.

D'un cidre Sweet Alford 3 on isole les levures G, H, I et J.

Levure G. Morphologie.

Les colonies de cette levure sont sphériques, sèches, et leur surface est ridée. La bande est d'aspect sec et jaunâtre, le milieu formant saillie, avec bords légèrement crénelés (Pl. VII, fig. 76).

Végétation. Dans les jeunes cultures en moût de bière la végétation consiste en cellules ovales contenant des espaces vides et un ou deux granules. Grosseur moyenne $7.8\ \mu$ 5 sur $5\ \mu$ 1 (Pl. III, fig. 33).

Dans les jeunes cultures en surface, les cellules en forme de saucisse sont plus nombreuses.

Dans les vieilles cultures les cellules sont ovales ou en forme de saucisse, et leur contenu varie (Pl. III, fig. 34).

Cette levure donne une pellicule à la surface du moût de bière après peu de temps, mais les cellules sont très semblables à celles des jeunes cultures sur moût de bière, sauf que l'espace vide qui occupe leur centre est mieux défini (Pl. III, fig. 36).

La végétation sédimentaire n'est pas essentiellement différente de celle des jeunes cultures sur moût de bière (Pl. III, fig. 35).

Formation des spores. Dans quelques vieilles cultures en surface, on observa des signes de conjugaison, et en cultivant la levure sur de la porcelaine poreuse en l'absence de gaz carbonique, ce phénomène apparaît nettement. La Pl. III, fig. 37, montre différents stades de conjugaison, et l'on peut voir que les spores ne se forment que dans un compartiment de la cellule conjugulée. Cela semble être la règle pour cette espèce, car ce n'est que très rarement que l'on trouva des spores dans l'un et l'autre des compartiments de la cellule conjugulée. S'il en est ainsi, cela ne manque pas d'intérêt, car cela indique une certaine différenciation physiologique sexuelle entre les cellules. Dans certains cas, il semble qu'il ne se forme qu'un seul spore, mais cela provient de ce que celui qui se forme au-dessous se trouve ainsi caché. La grosseur des spores est assez considérable, leur diamètre étant de $4\ \mu\ 3$.

Germination des spores. On trouve dans la Pl. IV, fig. 38, les stades de la germination des spores, le phénomène se produisant tout à fait normalement.

Bourgeonnement. A peu près identique à celui qui se produit pour A et B (Pl. IV, fig. 39).

Physiologie. Temp. max. environ $32^{\circ}5\text{ C}$.

Fermentations. Ne fermente aucun des sucres, mais forme des pellicules à la surface des liquides.

Levure H. Morphologie.

Les cultures sur plaques de cette levure donnent des colonies blanches sphériques et sèches. La bande présente un aspect quelque peu humide et possède des bords frangés. Elle se développe assez rapidement et liquéfie la gélatine au bout de quelque temps (Pl. VII, fig. 77).

Végétation. La végétation dans les cultures jeunes en milieu liquide ou sur milieu solide se ressemble beaucoup. Elle consiste en cellules ovales et plutôt pointues, qui sont quelquefois homogènes et quelquefois renferment de petits espaces vides. On trouve aussi de plus grandes cellules ovales avec au centre un grand espace vide. Les grosseurs moyennes sont $10\ \mu$ 8–9 μ 5–5 μ 1 sur 6 μ 8, 5 μ 1, 3 μ 7.

Les vieilles cultures en surface sur gélatine-moût de bière renferment des cellules de formes et de grosseurs variées (Pl. IV, fig. 41). Beaucoup d'entre elles ont une forme allongée et quelques-unes sont en forme de sablier, ce qui indiquerait qu'il y a conjugaison, bien qu'on n'y trouve aucun spore, tandis que la formation ordinaire par endospore se produit facilement sur porcelaine à la température ordinaire, et également sur carotte et sur pomme de terre ainsi que dans les vieilles cultures en surface. On trouve 2, 3 et 4 spores dans chaque cellule, et leur diamètre est de $2\ \mu\ 3$ (Pl. IV, fig. 43).

La végétation sédimentaire consiste en cellules plus ou moins en forme de saucisse ou ovales de moyenne ou grande taille renfermant des espaces vides ou homogènes avec granules réfringents.

La germination des spores se fait de la façon habituelle, comme le montre la Pl. IV, fig. 44, mais dans les cellules de forme allongées, les spores semblent être reliés les uns aux autres, bien que probablement il n'y ait pas réellement fusion, comme cela arrive chez les *Saccharomyces Ludwigii* (Guilliermond, 5).

Bourgeonnement. Il ressemble à celui décrit dans le cas de la levure F, mais il est moins régulier, cela probablement en raison d'une légère liquéfaction de la gélatine (Pl. IV, fig. 45).

Physiologie. Temp. max. entre 30° et 32° C. Aucun développement aux températures supérieures.

Fermentations. Attaque le dextrose, le lévulose, le maltose et le saccharose.

Levure I. Morphologie.

La levure I a des colonies coniques dont la surface présente des crêtes et dont les bords sont plutôt frangés. La bande a l'aspect d'une crème, et ses bords sont en biseau. Elle se développe à peu près comme H (Pl. VII, fig. 78).

Végétation. Les jeunes cultures sur moût de bière sont caractérisées par des cellules ovoïdes de grosseur moyenne ($13\ \mu\ 6-6\ \mu/6-5\ \mu$) contenant de petits espaces vides, et légèrement granuleuses (Pl. IV, fig. 46).

Les vieilles cultures en surface sont caractérisées par une abondance de spores. Le principal caractère distinctif de cette espèce consiste en vérité dans sa faculté de produire des spores dans tous les milieux. Les cellules ordinaires sont ovoïdes ou en forme de saucisse, et leur contenu est très légèrement granuleux (Pl. IV, fig. 47).

La végétation sédimentaire consiste en cellules ovales ou en forme de saucisse renfermant des espaces vides et granuleuses (Pl. IV, fig. 48).

La formation des spores se produit, comme nous l'avons déjà dit, très vite. On en trouve dans les cultures sur plaques, et si l'on utilise les blocs de plâtre, on obtient un grand nombre de cellules qui en contiennent au bout de 22 heures à 26° C.

Les spores ont $3\ \mu\ 5$ de diamètre, et se trouvent au nombre de 2 à 4 dans la cellule-mère. Beaucoup d'entre eux présentent une partie sombre à leur centre (Pl. IV, fig. 49).

Germination des spores. En germant, les spores se gonflent et distendent l'enveloppe de la cellule-mère qui finit par éclater. Il se forme apparemment de petits bourgeons sur les spores avant leur libération, car on remarque qu'ils portent quelquefois une espèce de protubérance alors qu'ils sont encore à l'intérieur de la cellule-mère (Pl. IV, fig. 50).

Bourgeonnement. Ne présente aucun caractère distinctif, sauf que les cellules de la colonie sont plutôt dispersées (Pl. IV, fig. 51).

Physiologie. Temp. max. entre 35° et 38° C.

Fermentations. Identiques à celles de la levure H.

Levure J. Morphologie.

La levure J est une espèce qui se développe rapidement, donnant des colonies sphériques, humides et semi-transparentes, et une bande plate de même aspect (Pl. VII, fig. 79). Les vieilles bandes se recouvrent d'une éruption un peu comme celle que l'on observe sur la bande de la levure C, mais il semble bien que, dans ce cas également, cela ne soit pas dû à la présence d'impuretés.

Végétation. Elle est caractéristique:

Dans les jeunes cultures sur moût de bière, elle consiste en petites cellules ovales ou sphériques, renfermant un espace vide à leur centre et d'une grosseur moyenne de $8\ \mu\ 5$ – $6\ \mu\ 8/4\ \mu$ – $3\ \mu\ 5$ (Pl. V, fig. 52).

Les vieilles cultures en surface consistent en petites cellules ovoïdes et sphériques renfermant des granules et de petits espaces vides (Pl. V, fig. 53), et la végétation sédimentaire est essentiellement la même (Pl. V, fig. 54).

Formation des spores. On ne trouve aucun spore dans aucune des cultures, de sorte qu'on peut ajouter cette espèce à la liste des variétés de *Torulæ*.

Bourgeonnement. Plutôt irrégulier et produisant des groupes de cellules plus ou moins sphériques (Pl. V, fig. 55).

Physiologie. Temp. max. entre 30° et 32° C.

Fermentations. Ne fait fermenter que le dextrose, le lévulose et le saccharose.

D'un cidre Kingston Black 1 on isole deux levures, K et L.

Levure K. Morphologie.

La levure K donne des colonies sphériques sèches, aux bords lisses, que l'on ne peut guère distinguer de la levure A. On trouve toutefois qu'il est possible de distinguer entre les deux espèces en raison des caractères de leurs bandes. Celle de la levure K est davantage en saillie sur la gélatine, et ses côtés sont en pente plus inclinée et ses bords sont assez réguliers (Pl. VII, fig. 80).

Végétation. Dans les jeunes cultures en moût de bière, les cellules sont ovales ou en forme de saucisse, et leur grosseur moyenne respective est de $13\ \mu\ 9$ sur $3\ \mu\ 7$ et de $8\ \mu\ 5$ sur $3\ \mu\ 7$ (Pl. V, fig. 56). Cette espèce provoque une fermentation très active dans le liquide.

Dans les jeunes cultures en surface, la végétation est à peu près identique, mais plus granuleuse.

Dans les vieilles cultures en surface, on observe des cellules de formes variées (Pl. V, fig. 57), et on trouve dans leur protoplasme un espace vide au centre, entouré d'un cercle de granules. Il s'y forme des spores en très petite quantité.

La végétation sédimentaire consiste en cellules ovales, sphériques et en forme de saucisse de tailles moyennes et grandes, qui sont très granuleuses et contiennent de petits espaces vides (Pl. V, fig. 59).

On trouve de 2 à 4 spores par cellule. Leur diamètre est de $3\ \mu\ 9$ (Pl. V, fig. 59).

Germination des spores. Elle se fait dans les conditions habituelles (Pl. V, fig. 60).

Bourgeonnement. Cette forme de bourgeonnement est assez caractéristique, plusieurs bourgeons se forment successivement et souvent par paires sur la cellule-mère, et il en résulte une-masse compacte et sphérique de cellules (Pl. V, fig. 61).

Physiologie. Temp. max. environ 38°C . A cette température il y a léger développement.

Fermentations. Fait fermenter le dextrose, le lévulose, le maltose et le saccharose.

Levure L. Morphologie.

Se distingue des autres espèces par son développement très lent. Au bout de plusieurs jours on obtient de très petites colonies sphériques et humides, à bords lisses. La bande est compacte et unie (Pl. VII, fig. 81).

Végétation. La jeune végétation est assez uniforme dans les milieux liquides comme dans les milieux solides. Elle consiste en cellules en

forme de saucisse de taille petite ou moyenne (12 à $6\ \mu$ 8 sur $2\ \mu$ 7) (Pl. V, fig. 62).

Dans les vieilles cultures on retrouve à peu près ces mêmes caractères (Pl. VI, fig. 63).

Végétation sédimentaire. Les cellules ressemblent beaucoup à celles des autres cultures que nous avons décrites (Pl. VI, fig. 64). Cette espèce de levure, comme la levure D, est donc assez constante et ne varie guère avec l'âge et le milieu de culture.

Formation des spores. On n'en trouva aucun.

Bourgeonnement. Ressemble à celui des levures E et H (Pl. VI, fig. 65).

Physiologie. Temp. max. au-dessus de 38° C. A cette température cette espèce se développe très bien.

Fermentations. Ne fait fermenter que le dextrose et le maltose.

D'un cidre Kingston Black 2, on isola trois levures, la levure M, et deux autres.

Levure M. Morphologie.

La levure M donne des colonies sphériques sèches, à bords unis. La bande est légèrement humide, en tas, à côtés légèrement plissés et à bords frangés. La gélatine se liquéfie au bout de quelque temps.

Végétation. La végétation des jeunes cultures en moût de bière et sur gélatine consiste en cellules ovales de taille moyenne ($8\ \mu$ – $6\ \mu$ 8 sur $5\ \mu$) qui contiennent quelques granules et un espace vide à leur centre (Pl. VI, fig. 67).

Végétation sédimentaire. Elle consiste en cellules ovales de grosseur moyenne dont la plupart renferment un grand nombre de granules, quoiqu'on en trouve avec des espaces vides (Pl. VI, fig. 68).

Formation des spores. On ne trouva aucun spore dans aucune des cultures.

Bourgeonnement. Il est difficile de suivre la marche du phénomène, car, comme dans le cas de la levure C, et pour la même raison, les bourgeons se forment les uns au-dessus des autres. Les meilleures séries de stades figurent à la Pl. VI, fig. 69.

Physiologie. Temp. max. entre 35° et 38° C.

Fermentations. Fait fermenter le dextrose, le lévulose, le maltose et le saccharose.

L'analyse montra que les deux autres espèces qu'on isola de ce cidre étaient identiques à A et à B.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Si l'on passe en revue les résultats que nous venons de décrire, on verra qu'on isola trois variétés de levure du cidre Sweet Alford 1, trois du cidre Sweet Alford 2, quatre du cidre Sweet Alford 3, deux du Kingston Black 1, et trois du Kingston Black 2, au total quinze. Parmi celles-ci, onze constituent des variétés distinctes, alors que les deux espèces provenant du Kingston Black 2 sont apparemment identiques à celles qu'on isola du Sweet Alford 1 (A et C). Il y avait ainsi dans ces 5 cidres treize espèces différentes au moins, et ce n'est que dans les deux cas que nous venons de mentionner qu'on trouva les mêmes levures dans des cidres différents.

Il se peut, bien entendu, que dans chacun des cidres que nous avons examinés, il se soit trouvé des levures que nous n'avons pas isolées, mais il est peu probable que ces levures y existaient en nombre appréciable et qu'elles constituaient davantage qu'un pourcentage très limité de la quantité totale de la levure qui s'y trouvait. Les séries de cultures sur plaques furent en effet examinées très soigneusement, et les types qu'on isola de ces cultures étaient les seuls qui s'y trouvaient. On peut dire, en tous cas, que les variétés isolées constituaient à peu près toute la végétation présente dans le cidre au moment où on l'examina. Nous ne nous occuperons pas dans cette étude de l'histoire de cette végétation, mais il est permis de penser que les ferments les plus actifs tels que A, B et H, joueront un rôle prééminent sinon prédominant dans les premiers stades de la fermentation. Les espèces qui n'agissent pas dans la fermentation ou qui n'agissent que faiblement, telles que D, n'ont sans doute pas exercé une influence importante sur le caractère de la première fermentation, quelle que soit celle qu'elles ont exercée plus tard. Et il se peut que certains types de levure qui jouent un rôle considérable au début ne se trouvent plus dans le cidre quand ce dernier est paré. C'est un fait par exemple que l'on trouve assez régulièrement des variétés de *Saccharomyces apiculatus* dans les cidres de deux ou trois mois, alors que nous n'avons jamais trouvé de levure du type *apiculatus* dans les cidres sur lesquels ont porté les recherches décrites ci-dessus, ce qui porte à croire que ces formes de levures disparaissent ou deviennent inactives quand le liquide arrive à sa maturité. C'est d'ailleurs ce que tendent à prouver les observations de Kayser (6) et de Dienert (4). Il est douteux toutefois que des espèces qui jouent un rôle prédominant au début de la fermentation puissent suffisamment se raréfier vers la fin pour ne plus exercer une influence appréciable.

Tels qu'ils sont, les résultats que nous avons obtenus ne nous permettent assurément pas d'affirmer, comme certains le font, que certaines levures se rencontrent toujours sur les mêmes pommes, et que les fermentations dans une cidrerie peuvent toujours être effectuées par le groupe de ferments qui y a son habitat.

Examinons maintenant la première des affirmations ci-dessus. On sait que la pomme Sweet Alford se récolte dans tout le Devonshire. Aussi, malgré que le cidre dont nous nous sommes occupés provînt de fruits récoltés un peu partout dans ce comté, on devrait, si cette affirmation était fondée, trouver sur ces fruits l'organisme qui, dit-on, s'attache à cette variété. Et il en est de même de la pomme Kingston Black. Cette espèce est la plus populaire des espèces à cidre et se cultive partout où l'on fait du cidre dans l'Ouest de l'Angleterre. Nous sommes donc en présence d'une alternative. Ou bien l'association de certaines levures avec certaines espèces de pommes est sans fondement sérieux, ou bien alors ces levures que nous aurions dû trouver dans les cidres que nous avons examinés avaient cessé d'y manifester leur présence. Alors qu'il serait peut-être imprudent de se prononcer définitivement en faveur de la première hypothèse, on ne saurait méconnaître que les résultats que nous avons obtenus tendent à la confirmer. Mais même s'il est vrai que chaque variété de pommes possède sa propre levure, ce fait ne saurait avoir d'importance que si cette levure joue un rôle capital dans la fermentation. Dans ce cas elle manifesterait très probablement sa présence dans les derniers stades de la fermentation, puisque c'est à ce moment que la levure exerce le plus son influence caractéristique sur le goût et l'arôme de la boisson. Et c'est à ce moment que les échantillons que nous avons examinés furent prélevés.

Et puisque les résultats prouvent que les trois cidres Sweet Alford et les deux cidres Kingston Black ne contiennent respectivement aucune espèce commune de levure, il est peu probable que cette espèce y ait été présente à aucun moment de la fermentation; et même si l'on admet sa présence au début de la fermentation, on ne voit pas bien comment elle pourrait y jouer un rôle appréciable. Aussi peut-on dire que cette question est sans intérêt pour le fabricant.

Quant à l'action qu'exerce, dit-on, les levures qui ont leur habitat dans la cidrerie, elle nous paraît tout aussi hypothétique. Si un seul ou plusieurs de ces ferments jouaient un rôle dans la fermentation, on devrait certainement en retrouver des traces dans le cidre. Or les seules levures que nous ayons trouvées dans plus d'un des échantillons analysés sont les levures A et C. Elles étaient présentes dans

les cidres Sweet Alford 1 et Kingston Black 2. Comme ces cidres furent fabriqués à deux ans d'intervalle, la présence dans chacun de deux ferments identiques ne peut suffire à prouver que ces deux espèces exercent régulièrement une action primordiale dans la fermentation des cidres fabriqués à l'Institut. De plus nous n'avons pu les trouver dans les autres échantillons, tant dans ceux qui furent fabriqués au cours des mêmes années que dans ceux de l'année intermédiaire. Il est plus vraisemblable que leur présence soit due à ce que le même fût fut utilisé pour ces deux cidres à quelque stade de leur fabrication. Il est difficile d'obtenir une stérilisation parfaite des fûts, et bien que tous ceux qui furent employés au cours de la fabrication aient été soigneusement lavés et passés à la vapeur, de nombreux germes provenant du liquide qu'ils avaient contenu avaient sans doute survécu à ce traitement et s'étaient développés dans le cidre qui y avait été ensuite logé. S'il en est ainsi, les mêmes ferments devraient naturellement se retrouver dans les cidres ayant passé dans un même tonneau, et la présence des deux espèces dans le Sweet Alford 1 et le Kingston Black 2 s'expliquerait facilement. Nous ne pouvons toutefois émettre une opinion définitive à ce sujet, car il ne nous a pas été possible de savoir si, à quelque moment, le même fût avait été utilisé pour loger ces deux cidres.

Les résultats obtenus ne confirment pas non plus l'opinion que certains ferments sont particulièrement actifs au cours d'une saison, et cèdent leur place à d'autres au cours des saisons suivantes. Rien n'indique qu'une forme fût commune aux Sweet Alford 1 et 3, et au Kingston Black 2. Il se peut, bien entendu, que certaines levures soient plus abondantes que d'autres au cours de certaines saisons, mais, s'il en est ainsi, il n'est pas prouvé que cela soit d'un intérêt considérable pour la fermentation.

La nature chimique des jus non fermentés et des cidres faits influe peut-être sur celle de la levure. La seule différence dans la composition chimique du Sweet Alford et celle du Kingston Black réside dans l'acidité. Le jus frais non fermenté Sweet Alford contenait de 0,15 à 1,20% d'acide malique, alors que les jus Kingston Black en contenaient de 0,5 à 0,7%. Mais les levures s'étant développées aussi aisément dans l'un et l'autre de ces liquides, il ne semble pas qu'on doive attacher une importance considérable à la composition chimique du liquide.

Nous avons l'intention de nous occuper ultérieurement des qualités chimiques et fermentatives des levures.

Les différents lots de fruits provenant de localités différentes, il

ne nous est pas possible d'affirmer si la flore présente dans ces cidres représentait la flore de la région dans laquelle ces fruits furent récoltés. Cela se pourrait, et s'il en était ainsi, il faudrait y voir un facteur plus ou moins défini avec lequel il faudrait compter dans la fermentation des cidres.

En dehors de cette hypothèse, il n'y a guère d'autre moyen d'expliquer la nature de la levure présente dans le cidre. Les cinq échantillons que nous avons examinés contenaient une flore si diverse qu'il est évident que la fermentation du cidre s'effectue d'une façon des plus incertaines quant à son caractère. On pourrait peut-être dire qu'il y a une fermentation pour chaque fût. Mais il est évident qu'on ne peut obtenir un produit de caractère uniforme en utilisant la vieille méthode de fabrication, et que le seul moyen d'éviter les mécomptes, c'est d'avoir recours à l'emploi de levures sélectionnées.

LES BACTÉRIES QUI PRODUISENT L'ACIDE ACÉTIQUE DU CIDRE

LA maladie la plus commune à laquelle le cidre soit sujet est certainement l'acétification. Dans les cas les moins graves, son effet sur le caractère général de la boisson n'est pas très marqué, et beaucoup de consommateurs n'y trouvent alors rien d'anormal. Dans les cas les plus sérieux, la saveur du cidre ou du poiré est très sensiblement affectée, acquérant un goût de vinaigre qui n'est pas seulement désagréable au palais, mais encore doit, dans certains cas, avoir une action nocive sur les organes de la digestion. Dans les cas extrêmes, la boisson devient imbuvable. En raison de l'extrême fréquence de cette maladie—peu de cidres fabriqués dans les conditions ordinaires y échappent après six mois de fût—et de la difficulté qu'on éprouve à l'écarter complètement, elle présente un sérieux problème pour le producteur de cidre, bien qu'avec un peu de soins, il ne soit pas impossible de l'enrayer.

Tous les liquides fermentés qui contiennent une quantité relativement peu élevée d'alcool (moins de 6 ou 10% par exemple) sont susceptibles d'en être atteints. En général le pouvoir de résistance du liquide est d'autant moindre que la quantité d'alcool est plus faible. Le cidre et le poiré, en raison de leur caractère de boisson généralement à faible teneur en alcool, y sont donc particulièrement sujets.

On sait depuis longtemps que la maladie est due à une bactérie qui possède le pouvoir d'agir sur l'alcool en présence de l'air ou de l'oxygène—l'oxygène étant le facteur essentiel—et le transforme en acide acétique, le constituant caractéristique du vinaigre. Si on laisse le cidre exposé à l'air pendant quelques jours, il s'y forme une végétation qui présente l'aspect d'une pellicule semi-transparente d'une épaisseur qui varie. Elle consiste en une agglomération de bactéries semblable à celle qui nous occupe et est communément désignée sous le nom de mère du vinaigre. Dans le Devon, ces agglomérations sont fréquemment appelées « Mudes ». Le nom de ce type de bacille de l'acide acétique est *Bacterium xylinum*. Un certain nombre de différentes espèces de bactéries capables de produire l'acétification ont été à différentes reprises observées dans diverses boissons fermentées, comme le vin et la bière ; au nombre de celles-ci figure l'organisme que nous venons de nommer. Toutes les

espèces, quelles que soient les différences qu'elles présentent par ailleurs, possèdent toutes le pouvoir d'acétifier.

Le *Bacterium xylinum* est la forme qu'on trouve généralement dans le cidre, mais on s'est jusqu'à ce jour peu inquiété d'étudier les espèces, si toutefois il en existe plus d'une, indigènes au cidre. Il est donc désirable d'entreprendre des recherches dans ce sens, puisque les habitudes et peut-être également les conditions de développement peuvent quelque peu varier. On a recueilli des cidres plus ou moins malades et provenant de sources distinctes. On a isolé les organismes trouvés dans ces cidres, et on les a étudiés au point de vue de leur aptitude à produire l'acide acétique. Au stade où en sont les travaux, il est évident qu'au moins quatre types de bactéries acétiques peuvent s'observer dans le cidre. Les caractères et les conditions qui favorisent ou enraient le développement de ces organismes sont maintenant l'objet de recherches qui ont pour but de s'assurer si la même forme générale de traitement de la maladie est susceptible d'être administrée avec succès à toutes les formes, ou si chaque espèce demande des soins distincts.

On a déjà dit que le cidre et le poiré en fût présentent généralement des traces plus ou moins sérieuses d'acétification dans les six mois qui suivent leur fabrication. Cela est dû à un certain nombre de causes possibles et distinctes dont nous indiquerons brièvement les plus importantes. La conservation en tas trop grands ou trop profonds, la présence d'humidité sur les fruits, une température élevée, la présence dans le tas de fruits blets ou avariés, sont autant de causes qui favorisent l'acétification pendant le magasinage. Elles donnent naissance à des conditions qui permettent le libre développement de la bactérie acétique sur la surface du fruit sain et à l'intérieur du fruit avarié. Comme la bactérie semble bien invariablement se présenter sur la peau du fruit, le fabricant de cidre se voit obligé de commencer ses opérations avec une matière première infectée, et a conséquemment à employer ses soins, non pas à prévenir la maladie, mais à empêcher son développement. Après le broyage, la bactérie a de nombreuses occasions d'exercer son activité, à moins qu'on l'en empêche. La macération de la pulpe pendant plusieurs heures avant de l'envoyer au pressoir occasionne souvent des ennuis, surtout si le temps est plutôt chaud, en raison de la période assez considérable pendant laquelle elle est exposée à l'air. L'opération de l'encuvage du jus présente parfois des risques pour la même raison, à moins qu'on ne prenne soin de l'amener rapidement à un état de fermentation. La matière solide qui monte à la surface dans les premiers stades de

la fermentation pour former la couche brune devient rapidement acétique si l'on ne s'oppose pas à l'entrée de l'air. On doit l'enlever par écumage, soutirage, ou tout autre moyen, avant qu'elle n'ait le temps de causer des dégâts considérables. Pendant le stade de la fermentation alcoolique active, les dangers d'acétification ne sont pas si sérieux, en raison du fait que le gaz carbonique qui se dégage pendant la fermentation chasse l'air à moins qu'une grande surface du jus n'y soit exposée, ou que la fermentation ne se fasse trop lentement. Quand la période de la fermentation touche à sa fin, le danger augmente considérablement, à moins qu'on n'empêche l'air d'entrer en contact avec le jus. Quand la fermentation a cessé, le danger est relativement plus grand. La fabrication du cidre et du poiré présente à ce stade une difficulté qui leur est propre, non seulement parce qu'ils contiennent peu d'alcool, mais aussi parce que la fermentation alcoolique s'opère complètement dans la majorité des cas. Tant qu'une fermentation suffisante peut être maintenue pour conserver dans le cidre la présence d'une certaine quantité d'acide carbonique, le liquide est dans une large mesure protégé contre l'acétification; et c'est pour cette raison que la vieille méthode qui consistait à ajouter des raisins secs ou autres substances capables de favoriser la continuation d'une très légère fermentation après le soutirage final, avait son utilité dans beaucoup de cas. La méthode moderne du filtrage a, toutefois, grandement accru les risques d'ennuis à ce stade parce qu'elle est sujette à laisser le liquide mort et incapable de fermentation secondaire dans beaucoup de cas. Enfin, après que le cidre a été mis dans des tonneaux et que ces derniers ont été remplis jusqu'à la bonde, et qu'ils ont été soigneusement bondés, il se produit souvent une grande détérioration du liquide par suite de l'évaporation qui semble s'opérer plus ou moins régulièrement par les pores du bois. Il se forme ainsi un espace rempli d'air au-dessus du liquide, et la présence de cet air amène l'acétification.

La maladie a ainsi tant d'occasions favorables pour se développer qu'il n'est pas surprenant qu'elle soit si commune. Des recherches, dans le but de réduire les risques à chacun des différents stades indiqués ci-dessus, ont été effectuées au cours de plusieurs saisons avec un certain succès. Au cours de la dernière saison, un certain nombre de méthodes en usage en Europe dans les industries du vin et du cidre ont été essayées et ont donné des résultats plus ou moins encourageants. Parmi les diverses méthodes que nous avons expérimentées nous mentionnerons: (a) le lavage du fruit, avant le broyage, à l'eau chaude ou froide en vue de le débarrasser d'une grande pro-

portion de ses bactéries, et dans le premier cas de les affaiblir ou de les tuer par la chaleur ; (b) l'addition de cultures de levure active au jus sortant du pressoir pour provoquer la fermentation le plus vite possible ; (c) l'usage de tubes d'échappement permettant l'évacuation des gaz formés pendant la fermentation, et empêchant l'accès de l'air à tous les stades de la fermentation ; (d) la stérilisation, partielle ou complète, du jus par la chaleur, le soufre, le filtrage ou autres moyens, suivie d'une fermentation avec des cultures pures de levure ; (e) le badigeonnage extérieur ou intérieur des tonneaux à la paraffine ou autres substances susceptibles de rendre le bois imperméable à l'air et à l'humidité ; (f) le revêtement de la surface du liquide par une couche d'huile insipide ; (g) l'usage des bondes de construction spéciale pour les tonneaux. Au lieu du modèle courant qui mesure de 5 à 7 centimètres de longueur, les bondes dont nous venons de parler font de 15 à 20 de long, sont de forme conique et sont recouvertes d'une toile enduite de cire. On les enfonce suffisamment pour que leur extrémité inférieure trempe bien dans le liquide. En agissant ainsi, le bois de la bonde devient et reste humide, ce qui l'empêche de perdre de son volume et lui permet d'assurer la meilleure étanchéité possible du tonneau.

Récemment nous avons en de nombreuses occasions été consultés sur l'état de divers cidres en bouteille ; et puisque leur mauvaise condition était due à l'acétification, il n'est pas inutile d'en parler ici. En général on ne se plaignait pas tant de la présence d'un goût de vinaigre que de celle d'une fine substance filamenteuse en suspension dans le liquide. Ce sont simplement des colonies de bactéries de l'acide acétique dont la présence passerait inaperçue si cette dernière n'était révélée par les minuscules débris des membranes des cellules provenant des tissus de la pomme qui demeurent dans le cidre, des cellules de la levure, ou les autres matières solides qui s'y trouvent accidentellement et qu'elles recueillent. Si le cidre au moment de la mise en bouteille était en parfait état, la présence de ces masses en suspension indique ou bien (a) que le liquide a été en contact avec l'air, soit qu'on ait utilisé un bouchon défectueux ou qu'on ait conservé la bouteille debout, ce qui a permis au bouchon de sécher, ou (b) que le cidre était trop mort pour se charger de gaz carbonique en temps utile pour empêcher le développement de la bactérie. Les premières causes de détérioration (a) peuvent être évitées avec un peu de soin, mais la seconde n'est pas si facile à combattre, à moins de carbonater avant de mettre en bouteilles.

Ce que cela indique certainement c'est que la mise en bouteilles du cidre en question a été opérée trop tard dans la saison. De ce que

nous venons de dire, il semblerait que le remède fût aussi simple qu'évident : opérer la mise en bouteilles plus tôt. Son application soulève toutefois des difficultés de deux côtés. D'abord, tandis qu'une mise en bouteilles à une époque trop avancée cause la présence de toiles, une mise en bouteille faite trop tôt amène la formation d'un trop grand dépôt de levure et de trop de gaz dans la bouteille par suite d'une fermentation relativement excessive après l'opération. Il n'est pas difficile, en voulant éviter l'un des dangers, de dépasser la limite permise et de retomber dans l'autre. De plus, il est à l'heure actuelle difficile pour le fabricant de savoir le moment précis où il doit procéder à la mise en bouteilles de son cidre, à moins qu'il ne connaisse exactement dans quelles conditions s'est opérée sa fermentation. Bien qu'on considère généralement que mars et avril sont les mois les plus propices à la mise en bouteilles, cette opinion n'est exacte qu'en ce qui concerne la majorité des cidres. Chaque cidre doit être mis en bouteilles au moment qui lui convient ; mais le moment requis pour mettre en bouteilles des cidres d'un même groupe n'est pas nécessairement le même, et dans certains cas est très différent. C'est ainsi, par exemple, qu'un cidre qui a fermenté lentement se trouve dans les meilleures conditions pour être mis en bouteilles en février et même plus tôt dans beaucoup de cas ; un autre qui a fermenté à une allure modérée, en mars ou avril ; un autre encore qui a fermenté rapidement, en mai, juin, ou même plus tard. De plus, le cidre provenant d'une même espèce de fruit peut demander pour sa mise en bouteilles une certaine période pendant quelques années, et pendant d'autres une période totalement différente. De là il s'ensuit que le problème de l'époque favorable pour la mise en bouteilles, si l'on veut éviter la formation de ces végétations acétiques, est réellement délicat pour ceux qui s'en remettent à la nature du soin d'assurer la bonne condition de leur cidres bouchés. Il exige qu'on suive attentivement le cours de la fermentation de chaque cidre si l'on veut être à peu près sûr des résultats.

Quand la fabrication du cidre est achevée et qu'on a mis ce dernier dans des tonneaux soigneusement bondés, on trouve souvent qu'il est difficile de conserver les bondes, qui sont d'habitude de petites dimensions, dans des conditions telles qu'elles ne laissent pas pénétrer l'air, d'autant plus qu'il faut, de temps en temps, les retirer pour remplacer dans le tonneau le cidre qui s'est évaporé. C'est une mauvaise méthode que d'utiliser du papier ou de la toile à sac pour assurer la fermeture des bondes, car le papier très souvent se déchire et la toile est humide et poreuse, laisse pénétrer l'air, et bien souvent

entretient une dangereuse collection de bactéries acétiques dans ses plis. Nous avons inventé un nouveau modèle de bonde qui a donné entière satisfaction. En fait, nous n'avons pas relevé la moindre trace d'acétification dans les tonneaux, au nombre de plus de cent, fermés avec ce genre de bonde, quoique beaucoup d'entre eux aient été conservés à une température plutôt élevée, ce qui favorisait le développement des bactéries.

La bonde, longue et conique, est faite de bois recouvert de plusieurs couches de toile enduite de paraffine. Le bois de la bonde a les dimensions suivantes : diamètre de l'extrémité inférieure 4^{cm},75 ; diamètre de l'extrémité supérieure 6^{cm},66 ; longueur 18^{cm},94. Les bondes que nous utilisons ici sont en frêne, mais la nature du bois importe peu, pourvu qu'il ne soit pas sujet à se fendre trop facilement, et qu'il ne communique pas un goût au cidre. L'enveloppe de toile y est fixée de la façon suivante : on coupe un morceau de toile de façon à lui donner la forme qui convient, assez grande pour pouvoir être enroulée trois ou quatre fois autour de la bonde, couvrant complètement la surface du bois à l'exception d'à peu près 2^{cm},50 qui sont laissés à nu à la partie supérieure. On fait fondre dans un récipient de la paraffine, que l'on conserve chaude, et on immerge le bois dans la paraffine liquide de façon à ce que cette dernière y pénètre bien. Le bois, bien entendu, doit être absolument sec quand on commence l'opération. Avant que la paraffine ne soit devenue dure, la toile est enroulée fermement autour de la bonde, et le tout est une fois de plus immergé dans la paraffine fondue, de sorte que la toile en devient complètement imprégnée. Cette bonde est enfoncée dans le tonneau avec un maillet. Le trou de la bonde doit être de grandeur telle que la moitié ou le tiers de cette dernière pénètre dans le tonneau et trempe dans le cidre. Le rôle de la toile imprégnée de paraffine consiste à donner une certaine élasticité à la surface de la bonde de sorte que les petites irrégularités qu'elle présente puissent disparaître en se remplissant. Outre les autres avantages qu'elle comporte, cette bonde peut se retirer très aisément, car la partie qui sort du tonneau offre une bonne prise. Elle peut être utilisée pendant des années, n'étant guère sujette à se détériorer.

Depuis quelque temps on a pu isoler un certain nombre de bactéries acidifiantes provenant de cidres acétifiés, et on les a examinées dans des cultures pures. L'objet de ces recherches était de trouver combien de variétés de bactéries acétiques résidaient dans les cidres, et quels sont leurs principaux caractères et leurs principales propriétés. Le rôle important que ces bactéries jouent dans les cidres et les

poirés a déjà été indiqué dans des chapitres précédents, et les différentes méthodes pour empêcher l'acétification ont été passées en revue.

On a examiné de trente à quarante cidres acétifiés, et on en a isolé cinq différents types de bactéries. Parmi celles-ci, quatre d'entre elles étaient des espèces absolument distinctes, tandis que la cinquième n'était peut-être qu'une variété des autres types. La plus commune de ces espèces est celle désignée sous le No. 1, le *Bacterium xylinum*, qui est bien connue.

Voici quels sont les caractères de ces cinq types de bactéries, comme ils ont été observés dans des cultures faites dans une solution d'extrait de malt d'un poids spécifique de 1,040 à laquelle on ajouta, après stérilisation, 2% d'alcool, et dans d'autres circonstances.

No. 1. Bacterium xylinum. Après trois jours à une température de 25° C., il se forme sur la surface du liquide une pellicule transparente, épaisse, ayant l'apparence du cuir, et jaunâtre. Cette pellicule est très caractéristique, et elle est si solide qu'elle peut être retirée d'une pièce du flacon. Le liquide reste clair et sans dépôt. Si l'on conserve le flacon à culture pendant quelque temps, la pellicule s'enfonce graduellement dans le liquide, et il s'en forme une nouvelle à la surface. Et cela se répète jusqu'à ce que le flacon entier soit rempli de couches de pellicules. Dans une solution extrait de malt-gélatine, il se forme lentement des colonies petites, gluantes et en relief d'une espèce de jaune transparent. La bactérie a la forme d'un petit bâton, n'est ni mobile ni sporulée, et sa taille est le plus communément de $0\ \mu\ 6$ à $0\ \mu\ 8$ sur de $1\ \mu\ 5$ à $2\ \mu$. Il s'en trouve souvent de forme involutée, celles qu'on observe dans des colonies sur gélatine sont souvent recroquevillées sur elles-mêmes.

No. 2. Après 3 jours à 25° C., une pellicule blanche présentant une surface sèche et ridée se forme à la surface du liquide. Cette pellicule se déchire facilement. Le liquide demeure clair et il se forme dans le flacon un mince dépôt blanc. Sur une solution de gélatine et d'extrait de malt, il apparaît lentement des colonies qui sont petites, d'un blanc grisâtre et présentent une surface brillante. La bactérie n'est ni mobile ni sporulée. Elle est en forme de bâton, isolée ou en chaîne, et d'une taille qui varie beaucoup, celle que l'on observe le plus communément étant de $0\ \mu\ 4$ à $0\ \mu\ 6$ sur de $1\ \mu$ à $3\ \mu$. Les grandes formes involutées sont communes. Elle ne se colore pas à l'iode.

Ses autres caractères sont les suivants :

En bouillon (+1,5), après 5 jours à 25° C. : pellicule mince, liquide légèrement trouble, très peu de dépôt.

En bouillon-agar, après 7 jours à 25° C: petites colonies grisâtres, à bords lisses d'apparence non caractéristique; colonies de surface en relief et ne s'étendant pas. Colonies profondes très petites et sphériques.

Sur bouillon-gélatine: les colonies se développent très lentement à la température du laboratoire. Au bout de 4 jours, elles ressemblent beaucoup aux colonies sur bouillon-agar. Non liquéfiées.

Cultures de surface sur bouillon-agar, après 5 jours à 25° C.: plates, minces, en forme de feuilles, s'étendant, blanchâtres à la surface. Cultures de surface semblables aux colonies de surface dans les cultures profondes.

Sur pomme de terre, après 7 jours à 25° C.: colonies bien développées avec bande d'un jaune sale au milieu et en relief; bords plats, irréguliers et s'étendant.

En tubes à fermentation: le glucose-saccharose et le lactose-bouillon ne dégagent pas de gaz. Avec le glucose il y a formation d'acide. Pas d'acide avec le saccharose ou le lactose. Les nitrates ne sont pas réduits et il ne se forme pas d'indol.

No. 3. Après 3 jours à 25° C., il y a formation à la surface du liquide d'une pellicule blanche à surface unie. Le pellicule a tendance à remonter la paroi du flacon et arrive quelquefois à une hauteur de 2 centimètres et demi au-dessus du liquide qui reste clair avec un mince dépôt blanc. Sur gélatine-extrait de malt, il se forme de petites colonies blanchâtres à bords transparents. Les bactéries ne sont ni mobiles ni sporulées et apparaissent isolées ou en chaînettes. Leurs dimensions les plus communes sont de $0\mu 6$ à $0\mu 8$ sur de $1\mu 5$ à 2μ , mais on trouve des bâtonnets de plus grandes dimensions. Les formes involutées sont très communes. Pas de coloration à l'iode.

Ses autres caractéristiques sont les suivantes:

En bouillon (+1,5), après 5 jours à 25° C.: film mince, liquide légèrement troublé, très peu de dépôt.

Sur bouillon-agar, après 7 jours à 25° C.: colonies bien développées, d'un blanc grisâtre. Les colonies de surface s'étendant, plates, à bords filamenteux. Colonies profondes comme celles du No. 2.

Sur bouillon-gélatine: voir No. 2.

Cultures profondes sur bouillon-agar, après 5 jours à 25° C.: colonies plates, minces, blanchâtres à bords ondulant légèrement et en relief. Bande filiforme. Les cultures de surface donnent des colonies semblables aux colonies de surface des cultures profondes.

Sur pomme de terre après 7 jours à 25° C.: colonies plutôt faibles

avec au milieu une ligne mince et jaune et à bords irréguliers, blancs, et s'étendant.

No. 4. Après 3 jours à 25° C. : pellicule mince, blanche, remontant, à surface unie, liquide clair avec un léger dépôt. Après quelque temps la pellicule tombe au fond du flacon, et il ne s'en forme pas de nouvelle. Colonies sur extrait de malt-gélatine semblables à celles du No. 3, mais les bords ne sont pas transparents. La bactérie n'est ni mobile ni sporulée. Elle a la forme d'un bâtonnet très court, apparaît isolée ou en longues chaînes et mesure environ de $1\ \mu$ sur $1\ \mu\ 5$. On trouve des formes involutées, mais rarement. Pas de coloration à l'iode.

Ses autres caractéristiques sont les suivantes :

En bouillon (+1,5), après 5 jours à 25° C. : film bien développé et remontant, liquide légèrement troublé, très peu de dépôt.

Sur bouillon-agar : après 7 jours à 25° C. : colonies de surface caractérisées par un point central blanc et en relief, s'étendant, à bords légèrement ondulés, à l'aspect légèrement bleuâtre à la lumière transparente. Colonies profondes, petites, sphériques, non caractérisées.

Sur bouillon-gélatine : voir le No. 2.

Culture profonde sur bouillon-agar, après 5 jours à 25° C. : colonies plates, très minces et blanchâtres, s'étendant sur toute la surface. Bande filiforme. Culture de surface comme les colonies de surface en culture profonde.

Sur pomme de terre après 7 jours à 25° C. : aucun développement apparent.

En tubes à fermentation : comme dans le No. 2, excepté que l'acide provenant du glucose est un peu plus faible.

No. 5. Pas de pellicule continue après 3 jours à 25° C. : on n'observe que des morceaux de pellicule légèrement jaunâtres qui flottent à la surface. Le liquide est légèrement troublé avec un dépôt blanc floconneux. Sur extrait de malt-gélatine les colonies se développent très lentement. Elles sont petites, d'un blanc grisâtre, et leur surface est terne. Elles prennent une teinte bleuâtre à la lumière transparente. Elles ne sont ni mobiles ni sporulées. La bactérie est un mince bâtonnet, le plus souvent en chaînes, mesurant $0\ \mu\ 5$ sur de $1\ \mu$ à $1\ \mu\ 5$. On trouve rarement des formes involutées. Pas de coloration à l'iode.

Ses autres caractéristiques sont les suivantes :

En bouillon (+1,5), après 5 jours à 25 C. : pas de film, liquide troublé, très peu de dépôt.

Sur bouillon-agar, après 7 jours à 25 C. : colonies de surface en

relief, blanchâtres, à bords lisses, ne s'étendant pas. Colonies profondes très petites, non caractérisées.

Sur bouillon-gélatine: voir le No. 2.

Cultures profondes sur bouillon-agar après 5 jours à 25° C.: petites colonies légèrement en relief, blanchâtres, à bords relevés à la surface. Cultures de surface caractérisées, formant des séries de petites colonies blanchâtres, en relief et isolées.

Sur pomme de terre, après 7 jours à 25° C.: colonies bien développées, d'un jaune brun, en relief, ne s'étendant pas.

En tubes à fermentation: comme dans le No. 2, excepté que l'acide provenant du glucose n'est que d'un pour cent. Réactions du nitrate et de l'indol comme au No. 2.

Transformation de l'alcool en acide. On étudia le pouvoir de ces bactéries de transformer l'alcool en acide acétique. On inocula ces bactéries en pure culture à de l'extrait de malt stérilisé auquel était ajouté 3% d'alcool, et on examina de temps en temps les flacons pour se rendre compte de l'augmentation de l'acide acétique. On tint les flacons à 25° C.

Bactérie	Pourcentage d'acide acétique après					Pourcentage du résidu d'alcool
	1 mois	2 mois	3 mois	5 mois	6 mois	
No. 1 . .	0,624	1,22	2,09	2,05	1,89	..
No. 2 . .	0,522	0,94	1,44	2,37	2,32	0,19
No. 3 . .	0,522	1,014	1,62	2,46	2,65	0,26
No. 4 . .	0,630	0,954	1,51	2,16	1,93	0,21
No. 5 . .	0,384	0,690	1,08	2,02	2,21	0,16

Détermination de l'acide dans le cidre. Le cidre dont on se servit était un mélange de différentes espèces qui contenait, après stérilisation, 0,46% d'acide malique, 2,04% d'alcool (en poids), et était d'un poids spécifique de 1,019. On inocula les bactéries au contenu des flacons. Ces derniers contenaient chacun un demi-litre et furent conservés à une température de 25° C.

Bactérie	Pourcentage d'acide après					Pourcentage du résidu d'alcool
	1 mois	2 mois	4 mois	5 mois	6 mois	
No. 1 . .	0,624	0,828	1,28	1,45	1,79	0,05
No. 2 . .	0,816	1,53	1,68	1,75	1,86	0,11
No. 3 . .	1,476	1,584	1,92	1,98	2,046	0,05
No. 4 . .	2,364	2,406	2,37	2,32	2,46	0,10
No. 5 . .	1,554	1,590	1,69	1,74	1,782	0,05

On conserva au cellier à une température de 15° C. une série de cultures identiques.

Bactérie	Pourcentage d'acide acétique après				
	1 mois	3 mois	4 mois	5 mois	6 mois
No. 1 . .	0,552	0,606	0,624	0,660	0,726
No. 2 . .	0,306	0,618	0,648	0,762	0,798
No. 3 . .	0,048	0,594	0,714	0,822	0,876
No. 4 . .	0,042	0,096	0,114	0,174	0,174
No. 5 . .	0,036	0,108	0,162	0,198	0,240

Comme le montrent les tables ci-dessus, la température influe beaucoup sur le développement de la bactérie de l'acide acétique, et sur la rapidité avec laquelle l'alcool est transformé en acide acétique. Cette action est plus marquée chez certaines bactéries que chez d'autres. Dans les expériences que nous fîmes avec le cidre, la bactérie No. 4 donna 2,364% d'acide acétique après un mois à 25° C., alors que l'acide qui se forme à la température du chai pendant la même période n'est que de 0,042%, soit la cinquante-sixième partie de la quantité produite à une température de 25° C. Des différences de même genre, bien que moins considérables, ont été observées chez les bactéries No. 3 et No. 4; mais l'influence de la température sur les bactéries No. 1 et No. 2 est beaucoup moins prononcée.

Quant à la rapidité avec laquelle s'opère l'oxydation qui transforme l'alcool en acide acétique, on peut voir à la suite des expériences faites avec le cidre à une température de 25° C., qu'il existe des différences très notables entre les différents types de bactéries. Après un mois, le No. 1 a formé 0,624% d'acide alors que le No. 4 en a formé 2,364% au cours de la même période et a alors atteint sa production maxima. A la température du chai les rôles sont renversés, le No. 1 produisant 0,552% d'acide au cours d'un mois, et le No. 4 0,042% seulement, soit moins d'un dixième dans la même période.

Transformation du sucre en acide. Pour se rendre compte de l'influence de la bactérie de l'acide acétique sur les différents sucres, on inocula les différentes bactéries à des solutions stérilisées contenant 3% de sucre de canne, de dextrose et de lévulose, auxquelles on ajouta de la peptone et des sels nutritifs. On conserva les flacons à 25° C., et on les examina pour découvrir l'acide acétique qu'ils contenaient:

On voit que dans la majorité des cas, le lévulose donna de l'acide acétique, qu'il en fut de même de la dextrose qui en donna toutefois

Bactérie	Pourcentage d'acide acétique dans le		
	Saccharose	Dextrose	Lévulose
No. 1 .	0	0,24	0,024
No. 2 .	0	0,35	0,018
No. 3 .	0	0,50	0,006
No. 4 .	0	0	0
No. 5 .	0	0,174	0,012

des proportions plus considérables, mais que les expériences faites avec le sucre de canne ne produisirent que des résultats négatifs.

Effets résultant de la présence d'acides organiques. On procéda à quelques expériences pour se rendre compte de l'influence de différents acides organiques sur le développement de la bactérie acétique. On employa les acides malique, tartrique, citrique et lactique. On ajouta au cidre des proportions différentes de ces acides, on stérilisa le mélange auquel on inocula les bactéries No. 1 et No. 2, et on le conserva à la température de la chambre.

Pourcentage du contenu en acide		Pourcentage d'acide acétique après 2 mois		Pourcentage d'acide acétique après 3 mois	
		Bactérie No. 1	Bactérie No. 4	Bactérie No. 1	Bactérie No. 4
No. 1	0,32 acide malique	1,80	0,63	1,86	1,09
No. 2	0,45 „	1,54	0,93	1,93	1,10
No. 3	0,67 „	1,40	0,92	1,81	1,12
No. 4	0,84 „	2,09	0,85	2,15	1,00
No. 5	1,03 „	0,054	0,19	1,25	0,24
No. 6	0,49 acide tartrique	1,94	0,51	2,08	0,67
No. 7	0,66 „	2,10	0,22	2,28	0,31
No. 8	0,85 „	2,22	0,08	2,33	0,20
No. 9	1,01 „	0,24	0,10	0,26	0,12
No. 10	0,44 acide citrique	1,08	1,09	1,20	1,21
No. 11	0,63 „	1,78	0,94	1,94	1,11
No. 12	0,78 „	2,44	2,42	2,59	2,62
No. 13	1,00 „	1,46	1,89	1,72	1,99
No. 14	0,50 acide lactique	0,03	0,21	0,29	..
No. 15	0,72 „	0,04	0,21	0,28	..
No. 16	0,93 „	0,042	0,39	0,49	..
No. 17	1,06 „	0,048	0,39	0,45	..

Le même cidre fut utilisé pour toutes ces expériences. Comme il contenait à l'origine 0,32% d'acide malique, il convient, pour trouver la quantité d'acide qui s'y est formée, de déduire ce chiffre des chiffres relatifs aux acides tartrique, citrique et lactique qui figurent dans ce tableau.

On peut voir par ces chiffres que, dans le cas de l'acide malique et

de l'acide tartrique, des quantités relativement considérables de ces acides sont seules capables d'empêcher le développement des bactéries. Dans le flacon contenant la bactérie No. 1, et renfermant le plus haut pourcentage (1,03) d'acide malique (No. 5), il ne s'était formé après 2 mois que 0,054 % d'acide acétique, alors que dans la culture No. 4 renfermant 0,84 % d'acide malique, il s'était formé après 2 mois 2,09 % d'acide acétique. Les expériences faites avec l'acide tartrique (Nos. 8 et 9) révèlent des proportions du même genre, tout en étant moins sensibles. Dans les proportions dans lesquelles on l'utilisa, l'acide citrique ne semble pas avoir une action retardatrice bien considérable, comme on peut s'en rendre compte en comparant le No. 12 avec le No. 13. D'un autre côté, des quantités relativement faibles d'acide lactique contrarient le développement des bactéries de l'acide acétique. Si l'on examine les chiffres qui figurent aux Nos. 14-17, on verra, en les comparant avec le témoin, qu'il ne se forma au cours des deux mois que d'infimes quantités d'acide acétique.

L'utilisation de l'huile pour empêcher l'acétification. On procéda à une série d'expériences consistant à recouvrir la surface du cidre d'une mince couche d'huile en vue d'empêcher l'accès de l'air, et par conséquent l'acétification. L'huile, ou pour être plus exact, la substance oléagineuse employée, fut, dans tous les cas, de la paraffine liquide.

Dans le premier cas, des flacons contenant du cidre recouvert d'une couche de paraffine liquide furent stérilisés et on lesensemença avec cinq types de bactéries acétiques. Le cidre employé avait, après stérilisation, un poids spécifique de 1,019, et contenait 0,46 % d'acide malique, et 2,66 % d'alcool. On plaça les flacons ensemencés dans une température de 25° C., et on les examina pour la première fois après un mois. L'examen révéla que l'acidité dans ces 5 flacons était la même que celle qui existait dans le flacon témoin non inoculé. Il ne s'était pas formé d'acide acétique. On observa que dans tous les flacons les bactéries s'étaient très bien développées et que, sous la couche d'huile, il existait à la surface du cidre les pellicules qu'on y trouve habituellement. Les flacons, examinés après deux mois, présentèrent des résultats presque identiques, et ce ne fut qu'après les avoir conservés pendant trois mois à 25° C. que de petites quantités d'acide acétique s'y formèrent. Le No. 1 contenait alors 0,08 % d'acide acétique, le No. 3, 0,036, et les trois autres de faibles traces seulement.

Pour se rendre compte de l'épaisseur de la couche d'huile nécessaire pour empêcher l'acétification, on stérilisa douze flacons contenant

chacun 0^l,500 de cidre dont la surface avait été recouverte de couches d'huile de différentes épaisseurs, et on leur inocula le *Bacterium xylinum*, sauf à un seul que l'on conserva comme témoin. Les résultats de l'analyse du cidre employé sont, après qu'on eut procédé à sa stérilisation, les suivants: poids spécifique 1,013, acide malique 0,38 %, alcool 2,72 %. On conserva les flacons à la température de la chambre pendant les mois d'été, et on les examina au bout de 2, 3 et 4 mois. Les bactéries se développèrent bien dans tous les flacons, et on ne put trouver aucune différence entre les colonies qui s'étaient formées dans les témoins et celles qui s'étaient développées dans les flacons recouverts d'une couche d'huile. La recherche de l'acide acétique donna les résultats suivants:

Flacon No.	Paraffine liquide ajoutée par pouce carré (6cm ² ,451)	Épaisseur de la couche en pouces (1 pouce = 2cm,539)	Pourcentage d'acide acétique après		
			2 mois	3 mois	4 mois
0 (Témoin)	0	..	1,72	1,78	1,84
1	0,05 cm ²	..	1,14	1,20	1,23
2	0,10 „	..	0,87	0,91	0,97
3	0,15 „	..	0,81	0,84	0,85
4	0,20 „	..	0,81	0,85	0,85
5	0,25 „	$\frac{1}{64}$ e	0,60	0,63	0,70
6	0,50 „	$\frac{1}{32}$ e	0,50	0,54	0,58
7	1,00 „	$\frac{1}{16}$ e	0,30	0,33	0,36
8	2,00 „	$\frac{1}{8}$ e	0,096	0,18	0,19
9	4,00 „	$\frac{1}{4}$ e	0,054	0,09	0,15
10	6,00 „	$\frac{3}{8}$ e	0,030	0,058	0,078
11	8,00 „	$\frac{1}{2}$ e	0,022	0,036	0,060

D'après les résultats ci-dessus, on peut observer que la formation de l'acide acétique est inversement proportionnelle à l'épaisseur de la couche de paraffine. La production de l'acide acétique est d'autant moins élevée que la couche d'huile est plus épaisse. Si la couche a 65 millimètres d'épaisseur ou davantage, l'acétification est pratiquement négligeable.

On refit l'expérience sur une plus grande échelle. On remplit aux deux tiers avec le même cidre trois fûts d'une contenance de 28 litres chacun. Le fût No. 1 fut bondé selon les procédés ordinaires. On versa à la surface du fût No. 2 une quantité de paraffine suffisante pour former une couche d'environ un centimètre d'épaisseur. On mit le fût No. 3 en communication avec un cylindre d'acier renfermant du gaz carbonique à l'état liquide. On plaça tous les fûts dans un local assez chaud, et une fois par semaine on tira de chacun d'eux une certaine quantité de cidre au moyen d'un robinet et on y laissa

pénétrer l'air nécessaire sauf dans le fût No. 3, où il fut remplacé par le gaz carbonique.

On fit de temps en temps la recherche de l'acide acétique, et les analyses donnèrent les résultats suivants :

	<i>Pourcentage d'acide acétique après</i>					
	<i>1 semaine</i>	<i>2 semaines</i>	<i>3 semaines</i>	<i>4 semaines</i>	<i>5 semaines</i>	<i>6 semaines</i>
Fût No. 1 .	0,10	0,25	0,39	0,54	0,70	0,76
„ „ 2 .	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
„ „ 3 .	0,07	0,10	0,15	0,16	0,18	0,18

Le cidre du fût No. 1 s'acétifia rapidement et devint tout à fait imbuvable au bout de 6 semaines. Il ne se forma presque pas d'acide acétique dans le fût No. 2, et le cidre qu'il contenait était tout aussi bon à la fin de l'expérience qu'à son début. Le fût No. 3 révélait un goût assez prononcé d'acide acétique au bout de 6 semaines, mais le cidre qu'il contenait était toutefois bien meilleur que celui du fût No. 1.

Ce qu'il convient de conclure de toutes ces recherches, c'est que les bactéries de l'acide acétique existent toujours dans les cidres fabriqués par les procédés ordinaires, et que l'acétification se fera pendant la conservation en fût aux températures normales et élevées à moins qu'on ne prenne des précautions spéciales. Parmi celles-ci, la plus simple semble consister à recouvrir la surface du liquide d'une couche de paraffine ou d'huile sans odeur ni saveur d'une épaisseur d'au moins 64 millimètres. Un peu moins efficace est la méthode qui consiste à tenir le cidre chargé de gaz carbonique, et à l'en recouvrir. L'action paralysante de l'acide lactique sur le développement des bactéries de l'acide acétique mérite d'être étudiée davantage, puisque il paraît possible qu'en favorisant une légère fermentation lactique du cidre, on puisse empêcher l'acétification et peut-être aussi la maladie et la viscosité sans que le goût de la boisson en soit affecté.

MALADIE DE LA POUSSE OU TOURNE

IL a été déjà prouvé que la maladie de la pousse ou tourne à laquelle les cidres sont sujets était provoquée par des bactéries (Barker). Il semble que les bactéries qui causent cette maladie existent plus ou moins dans tous les cidres, nos connaissances actuelles nous amenant à penser que ces organismes se rencontrent sur les pommes à côté des ferments naturels qu'on y trouve généralement. Comme ces derniers, elles pénètrent dans le jus au cours du broyage et du pressage, et ce qu'elles deviennent ensuite dépend dans une grande mesure de la qualité du liquide dans lequel elles se trouvent. Dans le cas de jus dont la fermentation s'opère rapidement, il semble bien qu'elles souffrent de la concurrence des levures, et dans la plupart des cas celles-ci ne leur permettent pas de prendre le dessus, d'où il résulte que le cidre échappe à la maladie. En raison du fait que dans beaucoup de cas également la fermentation rapide de ces jus s'opère si complètement qu'il ne leur reste après la première fermentation alcoolique que peu ou pas du tout de sucre, il s'ensuit que la maladie ne se déclare pas, car les bactéries ne trouvent pas le sucre qui leur est nécessaire pour produire les désordres caractéristiques. Si d'autre part le jus est sensiblement acide, le cidre se trouve généralement immunisé contre la maladie en raison de l'impossibilité où se trouvent ces organismes de se développer dans un milieu acide. D'un autre côté, si les jus sont par leur nature de ceux dont la fermentation se fait lentement, la présence de quantités relativement élevées de sucre ayant échappé à la fermentation dans les cidres qui en proviennent, rend ces derniers particulièrement sujets à la maladie, pourvu toutefois que leur acidité ne soit pas trop prononcée. La présence d'une quantité suffisante de sucre ayant échappé à la fermentation en même temps que celle dans le cidre fait de la bactérie dans une condition relativement active constitue donc, s'il ne se trouve dans le liquide qu'une quantité relativement faible d'acide malique, les facteurs qui favorisent l'apparition de la maladie. Quand ces conditions se trouvent réunies, et que la température du liquide s'élève avec l'arrivée des chaleurs estivales, les bactéries se développent plus ou moins vite dans le liquide, et agissent sur le sucre pour produire les transformations chimiques qui caractérisent la maladie. Ces transformations consistent dans la décomposition du sucre principalement en gaz carbonique et en alcool éthylique, en même

temps que dans la formation de petites quantités d'autres substances parmi lesquelles nous citerons l'aldéhyde formique, l'acétaldéhyde, l'alcool méthylique, l'hydrogène, les acides formique, acétique, propionique, butylique ou valérique, et l'acide oxalique. La décomposition du sucre explique pourquoi le cidre perd de sa douceur, et pourquoi il se produit une grande quantité de gaz carbonique qui rend le liquide très effervescent, et pourquoi enfin il se forme des quantités relativement considérables d'aldéhydes et des quantités plus petites d'autres composés volatils qui donnent au cidre cette saveur et cette odeur qui caractérisent la maladie. Des recherches récentes ont montré que ces aldéhydes sont probablement la cause également de l'existence à la surface du liquide d'une couche persistante de mousse, en même temps que de son extrême turbidité.

En ce qui concerne ces deux derniers points, on a trouvé que si on ajoute de l'acétaldéhyde à un cidre stérilisé, et qu'on conserve ce dernier pendant quelques semaines dans des conditions aseptiques, une épaisse turbidité laiteuse se développe, et le liquide prend une odeur qui rappelle celle du cidre malade. Si à ce stade on ajoute au liquide de l'eau de chaux, il se dégage une quantité considérable de gaz carbonique, et il se forme une couche de mousse persistante due à l'action du gaz produit. Cette évolution du gaz carbonique, et la formation à la surface du liquide d'une couche de mousse n'ont lieu que lorsqu'on a laissé l'aldéhyde assez longtemps dans le cidre pour le rendre trouble. Si l'on ajoute l'eau de chaux au cidre immédiatement après y avoir ajouté l'aldéhyde, il ne se produit ni gaz carbonique ni mousse. Il semble donc probable que l'acétaldéhyde agit lentement sur un ou plusieurs des constituants du cidre, provoquant la formation de la substance insoluble qui cause la turbidité, amenant en même temps un changement qui, par suite de la réduction de l'acidité du liquide par l'addition d'eau de chaux, amène l'évolution du gaz carbonique et la production de la mousse persistante qui l'accompagne.

Il existe encore une autre preuve qui nous permet de rattacher la turbidité à la présence de l'aldéhyde dans un cidre malade. L'apparence au microscope de la substance insoluble qui cause la turbidité est hautement caractéristique. Cette substance apparaît sous la forme de petites gouttelettes d'apparence oléagineuse ou résineuse. Celles de ces gouttelettes qui se présentent individuellement peuvent facilement être prises pour des cellules de bactérie. Celles qui existent en agglomérations ressemblent de très près à de petites colonies de cocci. Le composé insoluble qui résulte de l'addition d'acétaldéhyde

à un cidre stérilisé apparaît pratiquement identique quand on l'examine au microscope. Les solubilités de ces deux composés sont également similaires. Ils se dissolvent tous les deux plus ou moins aisément quand le cidre est chaud, mais ils réapparaissent quand le cidre est refroidi. Ils sont également solubles dans l'alcool, et forment un précipité quand on ajoute une grande quantité d'eau à la solution d'alcool. La formaldéhyde agit d'une façon très semblable à l'acétaldéhyde, la seule différence étant, qu'avec le premier, la turbidité apparaît beaucoup plus rapidement, et qu'il se forme une quantité beaucoup plus grande de composé insoluble. Dans ce cas également, si ce dernier n'est pas identique aux substances qui se sont formées dans les deux autres cas, il leur ressemble beaucoup. L'expérience suivante prouve que le ou les composés qui causent la turbidité dans le cidre malade sont des substances volatiles. Si l'on attache une petite bouteille contenant du cidre stérilisé à un récipient contenant du cidre malade, de telle sorte qu'on fasse passer les produits gazeux et volatils de ce dernier dans le liquide stérilisé, celui-ci, au bout de quelques jours, deviendra de plus en plus trouble. Si l'on analyse les substances qui causent cette turbidité, on s'aperçoit qu'elles possèdent les caractères que nous avons indiqués plus haut et qui sont typiques du composé insoluble qui se forme naturellement dans le cidre malade et du composé similaire qui résulte de l'addition d'aldéhyde à un cidre stérilisé. Le fait que le liquide est encore dans un état de stérilisation à la fin de l'expérience prouve que la turbidité du cidre stérilisé contenu dans la bouteille n'est pas due à son infection accidentelle par la bactérie qui cause la maladie.

La ou les substances du cidre qui sous l'action des aldéhydes forment ce composé insoluble appartiennent en toute probabilité à cette classe de constituants qu'on désigne généralement sous le nom de tanins. Les preuves à l'appui de cette opinion sont maintenant relativement solides. Si l'on ajoute du formaldéhyde au cidre, et qu'on laisse ainsi le liquide jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de composé insoluble, le cidre, après filtrage, ne révèle plus la présence de tanin après aucune des réactions ordinaires, ce qui prouve que le tanin qu'il contenait à l'origine a été détruit ou est disparu. Si par la méthode habituelle d'analyse au permanganate on recherche le tanin que contient un cidre avant et après addition de formaldéhyde ou d'acétaldéhyde, on s'aperçoit que le contenu en tanin dans le dernier cas est moindre que celui qu'on trouve dans le cidre naturel, et que dans certaines limites, plus on ajoute d'aldéhyde, plus la quantité de tanin est réduite.

La nature de ce produit insoluble de l'action des aldéhydes qui se forme au cours de la maladie du cidre du tanin contenu dans le liquide est actuellement étudiée par le Dr. Nierenstein et Mr. C. W. Spiers au laboratoire de chimie biologique de l'Université de Bristol, et le résultat de leurs travaux sera publié dès que cela sera possible.

On a indiqué au cours des premiers chapitres de ce travail sur la maladie du cidre les différences frappantes que l'on observe dans la nature de la maladie dans certains cas individuels. La violence de la fermentation, par exemple, traduite par la quantité de gaz qui se dégage, et la mesure dans laquelle elle s'opère qui est révélée par la quantité de sucre détruit, sont toutes les deux très variables. Dans certains cas très peu de gaz se dégage, quelquefois même pas du tout, bien qu'un changement dans le goût et dans le bouquet du cidre qui devient également trouble montre l'existence de la maladie. Dans d'autres cas, il s'opère une violente fermentation qui ne dure que peu de temps et cesse aussi soudainement qu'elle a commencé, laissant au cidre une certaine douceur en raison de la quantité relativement considérable de sucre ayant échappé à la fermentation. Il arrive enfin quelquefois que la fermentation se fait violemment et continue ainsi jusqu'à ce que le sucre ait complètement disparu, bien que le goût et l'odeur qui caractérisent la maladie soient absents. On n'était pas sûr autrefois que ce genre de fermentation fût causé par la bactérie à laquelle on attribue la maladie, mais des recherches récentes ont montré qu'il fallait probablement y voir une manifestation de la maladie due à l'organisme en question. De temps en temps la turbidité qui accompagne généralement la maladie ne s'observe pas, ou, quand elle s'observe, n'apparaît qu'à un degré très limité, sous la forme d'un léger brouillement. L'étude de ce désordre au point de vue chimique a montré qu'il est possible d'expliquer les différences qui se présentent dans les caractères, et qu'il faut y voir des manifestations de la maladie.

Si l'on emploie des cultures pures de cet organisme et des solutions de sucre stérilisées ou des cidres dont la composition est connue, on s'aperçoit, par l'analyse quantitative du liquide après sa fermentation en présence de la bactérie, que dans chaque cas la quantité de sucre détruit varie considérablement selon les conditions dans lesquelles s'est faite l'expérience. Bien plus, les quantités d'alcool et de gaz carbonique qui résultent de la décomposition d'un poids donné de sucre varient également beaucoup. Quelquefois la réaction s'opère dans des conditions qui ressemblent de très près à la fermentation habituelle de l'alcool en présence de levure, et produit des quantités

approximativement égales d'alcool et de gaz carbonique dont les poids additionnés représentent pratiquement celui du sucre décomposé. Dans d'autres cas, les quantités d'alcool et de gaz carbonique sont très différentes, celle de la dernière substance étant plus ou moins inférieure. Dans les cas extrêmes, il ne se produit pas de quantité appréciable de gaz carbonique, bien qu'il y ait eu transformation du sucre et formation d'alcool. La variabilité de la fermentation d'un cidre malade trouve ainsi une exacte parallèle dans celle qui s'opère en présence de ces cultures pures.

On a maintenant prouvé que le goût et l'odeur caractéristiques des cidres malades sont attribuables dans une très large mesure, sinon complètement, à la formation d'aldéhydes pendant la fermentation. Les expériences effectuées avec des fermentations en présence de cultures pures ont également prouvé que les quantités de ces substances ainsi formées sont, comme celles de l'alcool et du gaz carbonique, très variables. Les résultats montrent que la fermentation subite des cidres doux au cours des périodes de chaleur dont il a été parlé plus haut, au cours desquelles le goût et l'odeur caractéristiques de la maladie ne s'observent pour ainsi dire pas, s'explique par l'absence des aldéhydes, ou par leur présence en quantités plus ou moins inférieures à la normale.

On a déjà donné dans ce chapitre des raisons à l'appui de la thèse qui attribue la turbidité des cidres malades à l'action des aldéhydes qui se forment pendant la fermentation en présence des tanins qui existent dans le liquide. En raison de ce que nous venons de dire sur la variabilité de la quantité d'aldéhyde produit, il est évident qu'on peut s'attendre à ce que le degré de turbidité varie de la même façon; et comme nous l'avons fait observer, l'expérience confirme cette hypothèse.

On a ainsi reproduit dans le laboratoire, en travaillant avec des cultures pures de cet organisme et des solutions de sucre stérilisées ou des cidres, les différences principales dans les caractères des diverses manifestations de la maladie du cidre telles qu'elles se présentent dans la fabrication ordinaire, et que les fabricants connaissent, plus ou moins. Les conditions auxquelles il faut attribuer ces différences sont encore le sujet de recherches.

Parallèlement à l'étude de la maladie dans le laboratoire, on a effectué au chai des expériences dans le but de trouver une méthode satisfaisante de traitement de la boisson pour empêcher la maladie de se déclarer. Puisqu'il semble maintenant probable que la bactérie existe dans le jus dès le début, on a étudié les méthodes qui

permettraient d'écarter cet organisme du fruit ou de le détruire avant le broyage. Warcollier, par ses expériences avec des pommes à cidre récoltées en France, a montré qu'en les lavant avant le broyage, dans une solution très diluée de formaline, on peut obtenir un jus parfaitement stérile qui en même temps ne contient pas d'antiseptique. Cette méthode, employée par des ouvriers consciencieux, pourrait peut-être donner des résultats, mais on peut se demander si elle est à recommander dans les conditions ordinaires de la fabrication. On a essayé, à l'Institut, une méthode qui consiste à laver le fruit à l'eau froide, mais bien que dans certains cas le cidre se soit dans la suite montré moins sujet à la maladie, on ne peut pas dire que son emploi soit un moyen sûr de la prévenir. On a également expérimenté les lavages à l'eau chaude. On employa de l'eau à une température de 55 à 65, car on sait que les cellules de la bactérie ne résistent pas à des températures de 55° et au-dessus quand elles y sont exposées pendant cinq minutes. Aucun des cidres du chai provenant de fruits qui avaient subi un lavage à l'eau chaude ne fut atteint par la maladie, alors même que quelques-uns des cidres témoins fabriqués avec des fruits identiques qui n'avaient pas reçu ce traitement le furent. Cette méthode n'a pas été suffisamment essayée pour qu'on puisse se prononcer définitivement sur son efficacité, mais quand les nouveaux bâtiments et les nouvelles installations de l'Institut auront été achevés, elle sera l'objet de recherches plus approfondies faites dans de meilleures conditions. Le lavage des fruits à l'eau chaude ne nuit pas sérieusement au goût du jus. Il ne rappelle jamais celui des fruits cuits ou pasteurisés. Toutefois, pendant l'été qui suivit sa fabrication, il révéla un léger goût d'amertume qui survint au moment où la quantité de sucre qu'il contenait se trouva réduite par la fermentation. Cela permet de le distinguer du cidre fabriqué avec des pommes non lavées auquel il est légèrement inférieur, bien que la différence de qualité que l'on constate ne soit pas assez marquée pour rendre la méthode sans valeur.

Des expériences ont été faites pour se rendre compte de l'effet du filtrage du jus immédiatement après que ce dernier est sorti du pressoir. Bien que ces expériences aient été peu nombreuses, elles ont donné des résultats concluants. Le filtrage, quand il intervient à ce stade de la fabrication, a pour effet de retarder le début de la première fermentation alcoolique provoquée par les levures, et dans certains cas, de réduire dans une certaine mesure la marche de la fermentation. Dans tous les cas où le cidre appartenait à une espèce particulièrement sujette à la maladie, on constata que la maladie se

déclarait plus rapidement et se manifestait plus sévèrement chez celui qui avait été filtré immédiatement après le pressage que chez celui qui ne l'avait pas été. Des expériences d'un autre ordre, par exemple celles qui avaient pour objet l'étude du mouillage du cidre et dont il a été parlé à un autre chapitre, et celles qui avaient trait à la fabrication du petit cidre, ont montré que si la méthode de fabrication qu'on emploie retarde la marche de la fermentation, elle rend le produit plus sujet à contracter la maladie. On peut probablement dire maintenant qu'en règle générale tout procédé—autre que la stérilisation du jus ou l'addition d'antiseptiques—qui tend à retarder le début de la première fermentation ou à réduire sa marche tend par cela même à rendre le liquide plus sujet à la maladie. D'où il semble éminemment désirable, dans tous les cas où dans la fabrication on peut craindre que la maladie ne se déclare, qu'on s'efforce d'obtenir une vigoureuse et saine fermentation aussi vite que possible après le pressage.

De nouvelles expériences sur le coupage ont une fois de plus confirmé les résultats déjà énoncés quant à l'influence de l'acidité du produit ajouté sur la retardation de la maladie. Au cours de la saison dernière on a sauvé de la maladie en les coupant judicieusement beaucoup de cidres en tonneaux qui, s'ils n'avaient pas été coupés, y auraient succombé.

Aucun doute maintenant n'est possible: si l'on applique convenablement les connaissances acquises à la suite de ces recherches, on peut dans une grande mesure écarter les risques de maladie, et les travaux qui s'effectuent actuellement permettent d'espérer que les fabricants de cidre pourront un jour se rendre maîtres de ce fléau.

La plupart des jus provenant des différentes espèces de pommes à cidre qui entrèrent dans la fabrication des cidres au cours de la saison 1923-4 furent lents à fermenter, et comme l'on savait déjà que les jus qui fermentent lentement sont particulièrement sujets à la maladie, on s'attendait à ce qu'ils en fussent atteints. Et c'est un fait que la maladie se déclara, au cours du printemps de 1924, dans beaucoup de cidres doux. Ce fut le cas des cidres provenant des espèces suivantes: Sweet Alford, Pocket Apple, Slack-ma-Girdle, Royal Jersey, Taylor's Bitter, Horner, Truckle, Duke of Bedford, Gatcombe Apple et Master's Jersey. Tous ces jus contenaient moins de 0,5% d'acide malique, et avaient été filtrés quand le poids spécifique du liquide avait atteint 1,025-1,030, aussi étaient-ils assez doux. Les cidres filtrés de bonne heure qui possèdent des poids spécifiques relativement

élevés et contiennent moins de 0,5% d'acide malique, ne sont pas, en règle générale, sujets à la maladie; mais au cours de la saison dernière un cas de maladie se déclara chez un cidre provenant de Kingston Blacks qui contenait 0,59% d'acide malique. Chez ce cidre la lenteur de la fermentation fut remarquable, le poids spécifique tombant de 1,069 à 1,039 seulement au cours d'une période de trois mois. Il fut filtré quand le poids spécifique avait atteint ce chiffre, et fut atteint par la maladie quatre mois plus tard.

Plusieurs expériences furent effectuées sur des cidres en fût en vue de remédier à la maladie ou de l'écarter. On utilisa pour ces expériences un jus provenant de Sweet Alfords. La fermentation de ce jus fut très lente. Son poids spécifique qui, à l'origine, quand il fut fabriqué, le 12 octobre 1913, était de 1,049, était tombé à 1,036 le 2 février 1914, au moment où il fut filtré. La maladie se déclara deux mois plus tard. En avril on effectua les expériences suivantes sur des fûts de cidre provenant de Sweet Alfords, qui tous commençaient à être atteints par la maladie:

(1) Dans un fût de 230 litres contenant du cidre d'un poids spécifique de 1,025 et renfermant 0,21% d'acide malique, on mit 22 grammes de gaz sulfureux (1 partie pour 10.000 de cidre). On conserva le fût ainsi pendant 6 semaines, au bout desquelles on l'examina. Le poids spécifique était tombé de 3 grammes, et le goût et l'odeur du liquide révélaient la présence de la maladie. On conserva l'échantillon pendant six mois au cours desquels les symptômes de la maladie ne firent que croître, et le cidre finit par être absolument imbuvable.

(2) On coupa 135 litres de ce même cidre avec 135 litres d'un cidre acide (Bickington Grey, pds. spéc. 1,030, acide 1,01%); le mélange qui en résulta était d'un poids spécifique de 1,029 et contenait 0,5% d'acide malique. Six semaines après, le mélange n'avait ni le goût ni l'odeur qui caractérisent la maladie, et il restait très agréable à boire. Le poids spécifique était tombé à 1,025. Au bout de 6 mois, le cidre était encore très bon, et ne révélait aucune trace de maladie.

(3) A 230 litres de ce même cidre (Sweet Alford) on ajouta 4 grammes d'acide tartrique par litre (1 kg. 500 pour 455 l. environ). Le poids spécifique était de 1,031 et l'acidité fut portée de 0,21% à 0,56% par addition d'acide tartrique. Au bout de 6 semaines la maladie ne s'était pas encore déclarée, et le poids spécifique restait le même. A un autre cidre qui commençait à être affecté par la maladie, mais à un degré moins prononcé que le Sweet Alford, on

ajouta 746 grammes d'acide tartrique pour 455 litres. La maladie ne se manifesta point, bien qu'elle fût observée dans un fût du même cidre qui servait de témoin.

(4) A 230 litres de cidre malade provenant de Sweet Alfords on ajouta 2 l. 26 d'une épaisse levure de bière. On avait préalablement lavé avec soin cette levure en la brassant soigneusement dans de l'eau froide qu'on jeta quand la levure se fut déposée. On brassa de nouveau le dépôt dans de l'eau froide, et on répéta cette opération quatre fois, jusqu'à ce que la levure fût devenue tout à fait blanche, et qu'elle eût perdu son goût et son odeur de houblon. Le poids spécifique du cidre était de 1,027, et son acidité de 0,21 %. Il se fit une forte fermentation, et au bout de 6 semaines on filtra le cidre. Le poids spécifique était alors de 1,008, et le cidre ne présentait aucun goût ni aucune odeur de maladie, mais il était naturellement plutôt sec en raison de l'état avancé de la fermentation. On effectua des expériences du même ordre avec des cidres qui commençaient à être affectés par la maladie, et l'on s'aperçut qu'il n'est pas nécessaire de pousser la fermentation à un degré aussi avancé que dans le cas ci-dessus pour éviter la maladie. Un autre cidre, par exemple, provenant de fruits mélangés, dont le jus avait un poids spécifique de 1,056 et une acidité de 0,37%, fut filtré quand le poids spécifique fut tombé au bout de 3 mois à 1,037, et comme il révéla dans la suite des signes de la maladie, on en transvasa dans un fût auquel on ajouta de la levure de bière qui avait été préalablement lavée. On laissa fermenter le liquide jusqu'à ce que le poids spécifique fût tombé à 1,015, et on le filtra. Ce fût échappa à la maladie, et le cidre qu'il contenait retint son bon goût et sa clarté pendant les 6 mois qu'on le conserva.

(5) On aéra un fût de ce même cidre (Sweet Alford) en y soufflant de l'air quelques heures tous les jours pendant une quinzaine. Il paraissait en effet possible que l'accélération de la fermentation causée par cette opération fut préjudiciable au développement du bacille de la maladie. Ce ne fut cependant pas le cas. Au bout de 6 semaines le poids spécifique était descendu à 1,016, et le cidre était sérieusement atteint par la maladie.

On peut conclure des expériences ci-dessus que lorsqu'un cidre semble sujet à la maladie ou que les premiers signes de l'existence de cette dernière ont été constatés, il est possible de la traiter ou de l'écarter en employant l'une des méthodes indiquées aux paragraphes 2, 3 et 4. Les méthodes 2 et 3 ont en vérité le même but, celui d'augmenter la quantité d'acide que contient le liquide, l'acide étant

nuisible au développement du bacille de la maladie. Si l'on peut disposer d'un cidre provenant de pommes acides, on peut l'ajouter à un cidre qui donne des signes de maladie dans une proportion telle que l'acidité du mélange soit au moins de 0,5%. Si c'est de l'acide tartrique qu'on emploie pour augmenter l'acidité du liquide, 750 grammes de ce produit seront suffisants pour traiter 450 litres.

La première méthode est bien entendu la plus « naturelle », puisqu'avec elle aucun corps étranger n'est introduit dans le cidre, mais il n'y a aucune objection à employer l'acide tartrique dans les proportions indiquées, puisque c'est un constituant de beaucoup de fruits, spécialement des raisins, avec lesquels on le produit pour le commerce. Quand au traitement à la levure de bière, il présente l'inconvénient de réduire la douceur du cidre, et ne peut être employé si l'on désire conserver au cidre son poids spécifique, puisque pour être sûr d'un bon résultat il faut pousser la fermentation jusqu'à ce que la densité tombe de 10 à 15 grammes, ce qui a pour effet de changer le cidre doux en cidre plus sec. On ne sait pas encore jusqu'à quel point il est nécessaire de laisser la fermentation se faire, mais il est probable qu'on trouvera qu'une chute de 10 grammes est nécessaire. Cela, naturellement, doit varier selon les liquides et selon qu'ils sont plus ou moins affectés par la maladie.

Au lieu de la levure de bière, on peut employer de la levure pressée (levure allemande) dans la proportion d'environ 750 grammes de ce produit par 450 litres de cidre traité. La levure pressée présente l'avantage de ne contenir aucune trace de houblon et de ne point nécessiter de lavage, cette dernière opération ayant déjà été effectuée à la manufacture. Elle doit être, naturellement, de première fraîcheur.

Il est possible qu'en beaucoup de cas la maladie pourrait être évitée en accélérant la première fermentation du jus et en opérant de bonne heure de fréquents soutirages. La fermentation peut être accélérée en soumettant les fûts à une température plus élevée (60-65° F.), en ayant recours au cuvage, et aussi en ajoutant une certaine proportion de phosphate d'ammoniaque qui servira de nourriture à la levure (31 gr. par 455 l.). Le bacille qui cause la maladie n'existe probablement à l'origine qu'en petite quantité dans le jus, et dans beaucoup de cas on réussirait à s'en débarrasser en permettant au liquide de fermenter vigoureusement et en procédant à des soutirages répétés.

On a indiqué quelques expériences qui portaient sur l'action de la

température et de l'acidité sur des cultures du bacille de la maladie. De nouvelles expériences ont été faites sur ce même sujet, en même temps que d'autres qui avaient pour objet de découvrir si le sucre à l'état concentré n'avait pas quelque influence sur le bacille. On inocula une jeune et vigoureuse culture du bacille de la maladie à des tubes contenant du glucose en solution stérilisé dans de l'eau de levure. Les tubes furent ensuite placés dans un bain d'eau qu'on chauffa à la température requise pendant 30 minutes, ils furent ensuite sortis du bain, refroidis et placés dans des incubateurs après avoir été exposés à la température à expérimenter pendant des périodes qui variaient. On les plaça ensuite dans un incubateur pendant 3 semaines et on les observa.

Dans le tableau ci-dessous : + indique que le bacille s'est développé après avoir été exposé aux températures mentionnées, — montre qu'il n'y a pas eu développement.

A 45° C. : Solutions contenant 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10% de glucose exposées à une température de 45° C. pendant 5, 10, 15, 20, 30, 45 et 60 minutes. Résultats : Toutes les cultures se développent après avoir été ainsi traitées.

A 50° C. : Résultats exactement le même qu'à 45° C.

A 55° C. :

			5 minutes	10 minutes	15 minutes	20 minutes	30 minutes	45 minutes	60 minutes
Glucose	3%	.	+	+	+	+	—	—	—
„	4%	.	+	+	+	+	—	—	—
„	5%	.	+	+	+	+	+	—	—
„	6%	.	+	+	+	+	—	—	—
„	7%	.	+	+	+	+	—	—	—
„	8%	.	+	+	+	+	—	—	—
„	9%	.	+	+	+	+	+	—	—
„	10%	.	+	+	+	+	—	—	—

Dans une autre série d'expériences à une température de 55° C., il ne se produisit aucun développement même dans les éprouvettes exposées pendant cinq minutes. Il semble qu'une température de 55° C. soit très voisine de la température critique pour le bacille de la maladie, puisque dans certains cas il est détruit, et dans d'autres cas il survit. Le pourcentage de glucose ne semble pas influencer sur la résistance à la température du bacille.

Éprouvettes contenant divers pourcentages d'acide :

Des solutions stérilisées de 5% de glucose dans de l'eau de levure

et diverses quantités d'acide malique furent traitées d'une façon semblable et donnèrent les résultats suivants :

	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
A 40° C. :				
0,1% d'acide malique	+	+	+	+
0,25% " "	+	+	+	+
0,50% " "	+	+	+	—
0,75% " "	—	—	—	—
1,00% " "	—	—	—	—
A 45° C. :				
0,1% d'acide malique	+	+	+	+
0,25% " "	+	+	+	—
0,50% " "	—	—	—	—
0,75% " "	—	—	—	—
1,00% " "	—	—	—	—
A 50° C. :				
0,1% d'acide malique	+	+	+	+
0,25% " "	—	—	—	—
0,50% " "	—	—	—	—
0,75% " "	—	—	—	—
1,00% " "	—	—	—	—

On peut voir que l'acide malique diminue beaucoup la résistance du bacille aux hautes températures. A 50° C., 0,25% d'acide malique suffit à empêcher le développement de la bactérie même quand elle n'a été exposée à cette température que 5 minutes seulement. A 45° C., un pourcentage de 0,5 est nécessaire pour amener ce résultat, tandis qu'à 45° C., le même résultat fut atteint dans toutes les cultures sauf une qui contenait 0,75% ou plus d'acide.

On a déjà montré précédemment que les acides empêchent le développement du bacille qui cause la maladie du cidre, et il a semblé à certains que lorsque le cidre ne renfermait qu'une très petite quantité de sels minéraux, il se trouvait prédisposé à la maladie. On a donc effectué une série d'expériences pour déterminer l'action toxique des divers acides et des sels qui intéressent la fabrication.

Le milieu nutritif dont on se servit dans cette série d'expériences était de l'eau de levure (préparée en faisant bouillir de la levure pressée dans de l'eau) à laquelle on avait ajouté 5% de glucose. Dans cette préparation le bacille se développa vigoureusement. On ajouta à cette préparation les différents acides et les différents sels, et on lui inocula une forte culture de ces bacilles. On conserva les flacons à

Pourcentage ajouté	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Tartrate de potassium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorure de potassium .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sulphate de potassium .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorure de sodium .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sulphate de sodium .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Benzoate de sodium .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sulphate de calcium .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorure de calcium .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorure de magnésium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide citrique .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide malique .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide tartrique .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide phosphorique	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide sulphurique	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide borique .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide salicylique	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide lactique .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

une température de 25 C., et on les mit en observation pendant 6 semaines. Si au bout de ces 6 semaines le bacille ne s'était pas développé, on en conclut que cela était dû à la substance qui avait été ajoutée.

En général, quand le bacille se développait, il le faisait en 3 ou 5 jours.

Dans le tableau ci-dessus, le signe + indique qu'il y a eu développement, le signe — qu'aucun développement n'a eu lieu. Pourcentage ajouté 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07, 0,08.

On remarquera que les sels qui figurent sur ce tableau n'ont aucune action préventive quand ils sont employés dans les proportions indiquées ci-dessus. Toutefois le chlorure de magnésium utilisé à 0,3%, le benzoate de sodium employé à 0,5%, et le chlorure de sodium utilisé à 0,07% arrêtent le développement du bacille.

Quant aux acides, parmi ceux que l'on trouve dans les fruits, l'acide tartrique semble le plus efficace puisque, employé à 0,3%, il réussit à empêcher le développement, tandis qu'il faut 0,5% d'acide citrique, malique ou lactique pour obtenir le même résultat. L'acide sulfurique a une action puissante, puisqu'une addition de 0,05% de ce produit suffit. L'acide salicylique employé à 0,07% et l'acide borique utilisé à 0,04% amènent la destruction du bacille.

On expérimenta une combinaison de sels et d'acide organique, et on observa que 0,3% d'acide malique employé en combinaison avec 0,2% de chlorure de sodium, et 0,2% d'acide tartrique utilisé en combinaison avec 0,2% de chlorure de sodium empêchèrent le bacille de se développer.

Pour arriver au même résultat, il fallut ajouter à la préparation 6,5% d'alcool (en poids).

LA MALADIE DE LA GRAISSE, ET LE BACILLE AUQUEL ELLE EST DUE

Il y a quelque temps nous reçûmes de la région de Tewkesbury des échantillons de cidre grasseux qu'on nous priaît d'examiner. Ce cidre était légèrement trouble quand nous le reçûmes, et sa turbidité s'accrut dans de telles proportions qu'au bout de 6 mois le liquide avait l'aspect du lait et contenait en outre un dépôt filamenteux. Ce dépôt consistait surtout en bactéries de différentes espèces parmi lesquelles dominaient un bacille en forme de bâtonnet, et les bactéries de l'acide acétique. Les cellules de levure et les torulas qui existent généralement dans les cidres s'y trouvaient en plus petite quantité que d'habitude. Quand on secouait la bouteille, des fils provenant du dépôt se formaient dans le liquide qui avait l'apparence de l'huile quand on le versait. Ce cidre avait une odeur prononcée d'acide acétique, et un goût acide et particulier. Son poids spécifique était de 1,001. Il contenait 0,90% d'acide malique, 0,08% de tanin et 4,02% en poids d'alcool.

Kayser a récemment décrit un certain nombre d'organismes susceptibles de causer la maladie de la graisse du cidre. Ces organismes avaient été rencontrés dans différents cidres produits en France. Jusqu'à présent on n'avait jamais observé dans des cidres anglais aucun de ces bacilles auxquels on attribue la maladie, mais dans les échantillons dont nous venons de parler, on constata la présence d'un de ces bacilles qu'on isola et dont les principaux caractères sont les suivants :

En bouillon neutre après 24 heures à 25° C. : petit bâtonnet de forme plutôt irrégulière. Dimensions les plus fréquentes de 1,5 à 2,5 μ sur 0,3 à 0,5 μ ; souvent par paire et en chaînette.

Chez quelques individus : formes involutées assez fréquentes. Dans les cultures vieilles de 3 à 4 jours, il se formait un certain nombre de bâtonnets de dimensions plus grandes, et on observa une plus grande quantité de formes involutées dont beaucoup étaient ramifiées.

On ne trouva pas de spores.

Le bouillon est légèrement trouble après 24 heures, davantage au bout de 48 heures. On constate à ce moment un léger dépôt qui forme des fils quand on l'agite. Les bactéries se développent le mieux en bouillon neutre, et en bouillon 1,5 ; moins bien en bouillon — 1,5. A la température du laboratoire, leur développement est plus lent.

Ces organismes se développent bien dans l'eau de levure additionnée de glucose. L'extrait de malt ne constitue pas un milieu favorable.

Sur plaques bouillon 0,5 gélatine: aucun développement apparent après 24 heures. Au bout de 48 heures, colonies blanches, non caractérisées. Au bout de 4 jours, colonies de surface d'environ 5 mm. de largeur, en relief, à bords lisses, d'un blanc bleuâtre à la lumière transparente. Colonies profondes très petites. Se liquéfient lentement. Au bout de 2 semaines les colonies de surface se sont enfoncées un peu, et apparaissent sous la forme de sphères entourées d'une bande de gélatine liquéfiée de 2 mm. de large.

Cultures profondes en bouillon gélatine: au bout de 4 jours, colonies de 2 millimètres de large, en relief, à bords lisses, brillantes, d'un blanc terne, légèrement enfoncées au milieu. Au bout de 14 jours, colonies de 3 mm. de largeur avec légère liquéfaction en forme de cratère.

Culture intermédiaire sur gélatine: au bout de 4 jours, masse de 1 m. 5 de large à bords légèrement en relief et ondulants. Au bout de 14 jours la colonie s'est enfoncée de 3 mm., et une certaine quantité de liquide contenant un dépôt blanc, floconneux et visqueux s'est formée au fond du tube.

Sur plaque bouillon agar 0,5, à 25° C.: au bout de 24 heures les colonies deviennent juste visibles. Au bout de 4 jours les colonies de surface mesurent de 1 à 1 m. 5 et sont rondes, en relief, à bords lisses et d'un blanc brillant. Les colonies profondes sont petites et blanches.

Culture profonde sur bouillon agar: on observe après 4 jours à 25° C. des colonies de surface de 3 mm. de large qui ont la même apparence que celles décrites ci-dessus. Le long de la pique, masse blanche et uniforme.

Culture intermédiaire sur bouillon agar: après 4 jours à 25° C. il apparaît une masse de 2 mm. de large à bords en relief, légèrement ondulants, d'un blanc grisâtre.

En tubes à fermentation avec bouillon additionné de 2 % de saccharose, de glucose ou de lactose il se forme des colonies vigoureuses, et l'on observe un dépôt filamenteux dans la partie ouverte du tube. Le liquide reste clair et aucun gaz ne se forme dans la partie fermée.

Création d'acide: il fallut 0,8 de soude pour neutraliser 10 cm. d'une culture bouillon 2 % saccharose conservée pendant 14 jours à 25° C. Il fallut 1,4 et 0,6 de soude pour neutraliser respectivement des cultures de bouillon glucose et de bouillon lactose conservées dans les mêmes conditions.

Formation d'indol: Réaction pour l'indol négative après 10 jours à 25° C.

Influence des acides organiques: Pour trouver l'influence des acides organiques sur le bacille, on ajouta différentes proportions d'acides malique, tartrique et citrique à deux tubes d'eau de levure additionnée de 2 % de glucose qu'on conserva à 25° C. en même temps que des tubes témoins auxquels il n'avait pas été ajouté d'acide. Les résultats furent les suivants:

<i>Acide malique</i>			<i>Après 1 semaine</i>	<i>Après 3 semaines</i>	<i>Après 6 semaines</i>
Tubes contenant	0,2%		Quelques colonies	Mêmes résultats	Mêmes résultats
" "	0,4%		Petites colonies	qu'au bout d'une	qu'au bout d'une
" "	0,6%		Très petites colonies	semaine	semaine
" "	0,8%		Pas de colonies		
" "	1,0%		Pas de colonies		
<i>Acide tartrique</i>					
Tubes contenant	0,2%		Quelques colonies	Mêmes résultats	Mêmes résultats
" "	0,4%		Petites colonies	qu'au bout d'une	qu'au bout d'une
" "	0,6%		Très petites colonies	semaine	semaine
" "	0,8%		Pas de colonies		
" "	1,0%		Pas de colonies		
<i>Acide citrique</i>					
Tubes contenant	0,2%		Quelques colonies	Mêmes résultats	Mêmes résultats
" "	0,4%		Quelques colonies	qu'après une	qu'au bout de 3
" "	0,6%		Très petites colonies	semaine	semaines
" "	0,8%		Pas de colonies	Colonies très	
" "	1,0%		Pas de colonies	faibles	

Tubes témoins: Masse visqueuse très développée.

Comme il fallait s'y attendre, les acides organiques retardent le développement de cet organisme, car la maladie de la graisse affecte généralement les cidres doux de faible teneur en acide.

La maladie de la graisse sévit dans certains districts alors que dans d'autres elle est inconnue. Cela s'explique probablement par le caractère du mélange de pommes employé. Si ce dernier contient suffisamment de pommes aigres pour donner au cidre une acidité de 0,5 % ou davantage, la maladie n'est pas à craindre. Si au contraire le mélange ne contient que des pommes douces ou douces-amères, ou ne contient qu'une légère proportion de pommes acides, le cidre qui en provient peut être affecté par la graisse. Dans la plupart des cas la maladie succombe à un traitement approprié.

Au cours de l'été, on sema avec le bacille isolé les échantillons suivants qui avaient été conservés en bouteilles pendant plus de 6 mois: No. 17 (Sweet Alford), No. 21 (Slack-ma-Girdle), No. 23

(Truckle), No. 29 (Pocket Apple), No. 34 (Royal Wilding), No. 36 (Hangdown), No. 37 (White Jersey) et No. 38 (Horner). Tous ces cidres appartiennent au groupe doux et aigre-doux, sont de faible teneur en acide et fermentent lentement. Ils sont particulièrement sujets à être affectés par la maladie. Voici l'analyse de ces cidres :

No.	Poids spéc.	Pourc. d'acide malique	Pourc. de tanin	Pourc. d'alcool	Fermentation
17	1,021	0,23	0,15	3,5	3,3
21	1,030	0,29	0,14	2,4	3,2
23	1,023	0,25	0,15	3,1	2,8
29	1,025	0,24	0,37	3,2	3,6
34	1,027	0,21	0,29	3,3	4,5
36	1,023	0,17	0,33	3,4	4,3
37	1,024	0,20	0,18	2,5	7,5
38	1,024	0,17	0,25	3,2	2,7

On plaça ces cidres dans des bouteilles que l'on boucha avec des bouchons de vulcanite («screw stoppers»), et l'on en semença chaque bouteille avec deux gouttes d'une culture pure de bacilles. Ces bouteilles furent conservées à la température du laboratoire en même temps qu'une double série d'échantillons témoins. On conserva également au cellier des témoins. On examina de temps en temps ces bouteilles au cours de l'automne et de l'hiver, mais on n'y constata aucune trace de la maladie. Ce ne fut qu'au début de l'été suivant, presque un an après l'ensemencement, que l'on trouva des échantillons affectés par la maladie, très légèrement d'ailleurs, mais à la fin de l'été la maladie s'était déclarée dans tous les échantillons ensemencés, à l'exception toutefois du No. 23. Il convient de remarquer combien la maladie se développe lentement. Ce n'est que lorsqu'elle a fait d'assez sérieux progrès qu'un léger dépôt se forme dans le liquide. Si l'on agite la bouteille, ce dépôt forme de longs filaments.

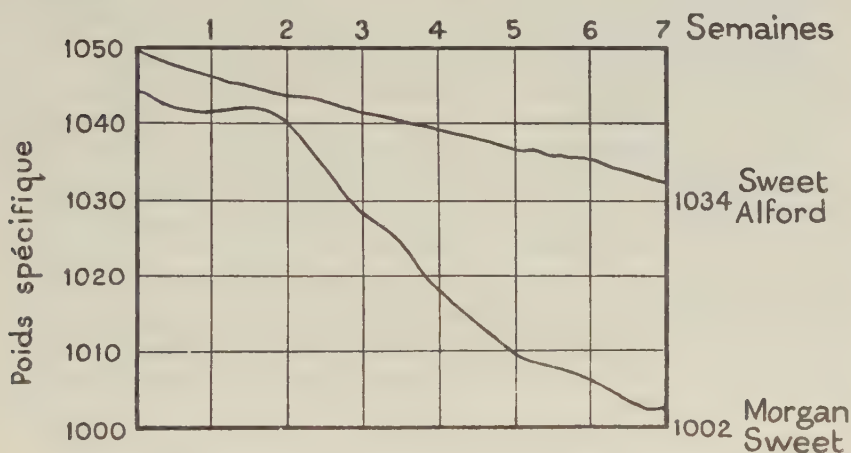
Quant aux effets de la maladie, ils sont peu apparents au début, et l'on ne constate guère la présence de cette dernière que par la consistance huileuse qu'elle donne au liquide qui en est atteint. Ce n'est que très rarement que le liquide devient trouble.

L'INFLUENCE DE L'AZOTE SUR LA RAPIDITÉ DE LA FERMENTATION

La rapidité avec laquelle les différents jus de pommes fermentent varie d'une façon considérable, et le temps nécessaire pour que la fermentation s'opère demeure constant pour chacune des différentes variétés.

Certains jus sont si pauvres en aliments azotés que la levure ne parvient pas à se nourrir et se trouve par suite incapable d'effectuer une fermentation complète des sucres.

Le graphique ci-dessous permet de se rendre compte de la différence qui existe dans la marche de la fermentation de jus provenant de pommes d'espèces différentes. On y trouve les courbes de fermentation de deux variétés, le Sweet Alford et le Morgan Sweet, dont la composition chimique est très similaire.



Cela a naturellement beaucoup d'importance dans la fabrication du cidre. En général, on désire que la fermentation se fasse lentement, puisque cela permet d'y soustraire un peu du sucre et par conséquent de produire un cidre doux ou demi-doux. La fermentation est provoquée par l'action des cellules de levure qui se développent dans le liquide, et continue généralement jusqu'à transformation complète du sucre, pourvu que le liquide soit conservé à une température convenable et qu'il contienne une quantité suffisante de nourriture azotée pour que les cellules de levure puissent s'y développer. A très basse

température, la fermentation des jus pauvres en matières azotées s'arrête très vite. Les jus de pommes contiennent des quantités variables de nourriture azotée dont vit la levure, et la rapidité de leur fermentation est dans certaines limites en proportion directe avec la quantité de matière azotée qu'ils renferment. Si cette quantité est inférieure à celle que la levure demande pour se développer et opérer une fermentation complète, cette dernière s'arrêtera quand les cellules de la levure ayant absorbé toute la nourriture disponible ne pourront plus trouver de quoi se nourrir. Si l'on désire par conséquent obtenir un cidre doux, il faut veiller à ce qu'il ne contienne qu'une très faible quantité de matière azotée.

En vue d'étudier le rapport entre la rapidité de la fermentation et la quantité de matière azotée présente dans certaines variétés de pommes, les espèces suivantes ont été choisies :

- (1) Red Foxwhelp.
- (2) Lambrook Pippin.
- (3) Sweet Alford.
- (4) Royal Wilding.
- (5) Bedan des Partes.
- (6) Chisel Jersey.

On plaça dans des flacons Erlenmeyer 125 grammes des jus provenant de chacune de ces variétés. On stérilisa les flacons et on les pourvut d'un barboteur contenant de l'acide sulfurique. On ensemença ces flacons avec une trace de levure pure, et on détermina la rapidité de la fermentation en les pesant de temps en temps. Les pertes de poids représentaient les quantités de gaz carbonique qui s'étaient dégagées au cours de la fermentation. On conserva les flacons à une température de 15° C.

Tableau montrant la perte de poids pendant la fermentation.

Flacon No.	Poids en grammes des cultures aux dates indiquées					
	20.2.19	27.2.19	17.3.19	14.4.19	6.5.19	
1	240,845	209,80	207,50	206,10	202,13	8,715
2	186,870	186,31	186,28	186,25	186,07	0,80
3	219,095	218,04	216,47	215,41	212,78	6,315
4	182,055	181,11	179,58	178,43	174,80	7,255
5	184,020	183,09	181,28	179,93	176,50	7,520
6	209,363	208,41	207,82	207,30	204,76	4,603

On ne continua pas davantage l'expérience, car on constata à la

suite de nouveaux pesages que la perte de poids devenait insignifiante, et on se rendit compte par un examen au microscope de la levure déposée que celle-ci avait cessé de se développer. La contenance en azote de ces jus, et les pourcentages de sucre qu'ils contenaient, étaient les suivants :

<i>Flacon No.</i>	<i>Pourcentage d'azote</i>	<i>Poids spécifique</i>	<i>Pourcentage de sucre</i>
1	0,0221	0,998	des traces
2	0,0033	1,036	6,3
3	0,0135	1,008	des traces
4	0,0146	0,999	„
5	0,0168	0,999	„
6	0,0094	1,008	1,04

Les Nos. 1, 3, 4 et 5 fermentèrent régulièrement jusqu'à transformation complète du sucre. La fermentation du No. 2 fut très faible et s'arrêta vite, laissant intact 6,3 % du sucre que renfermait le liquide. Celle du No. 6 se fit lentement, et quand elle s'arrêta, il restait encore plus de 1 % de sucre. Si l'on compare ces résultats avec les quantités d'azote présentes dans ces cidres, on constate que le No. 2 ne contenait que 0,0033 % et que le No. 6 en renfermait environ trois fois autant (0,0094). Les jus dont la fermentation s'opéra complètement contenaient de 0,0135 à 0,0221 % d'azote. La quantité minima d'azote nécessaire pour que la fermentation puisse s'opérer complètement semble donc être légèrement supérieure à 0,01 %.

Si, à des jus pauvres en azote, tels que les Nos. 2 et 4, on ajoute des matières azotées pouvant servir de nourriture à la levure, telles par exemple que le sulfate d'ammoniaque ou l'extrait de levure, la fermentation se fera rapidement jusqu'à transformation complète du sucre. Il est donc facile de provoquer une fermentation rapide dans un jus qui serait de nature à fermenter lentement.

Il est beaucoup plus difficile d'enrayer la fermentation en éliminant du jus la matière azotée tout en lui conservant sa composition chimique, et l'on ne connaît pas à l'heure actuelle de méthode satisfaisante qui permette d'obtenir ce résultat. C'est pourquoi, si l'on désire ralentir la marche de la fermentation chez les cidres qui fermentent rapidement, ce qui est tout à fait nécessaire si l'on veut obtenir un cidre doux, il faut recourir à d'autres moyens tels que, par exemple, le filtrage, jusqu'à ce que l'on découvre une méthode qui permette de réduire la quantité de matière azotée que contient un liquide.

On n'a procédé à la détermination de l'azote présente qu'après la fin de la fermentation, de façon à ce qu'on pût opérer en présence de la plus petite quantité de sucre possible. La quantité totale d'azote est si infime qu'il est difficile de la déterminer avec exactitude quand on se trouve en présence de beaucoup de sucre. Il n'y a pas lieu de supposer qu'il y ait perte d'azote pendant la fermentation.

RECHERCHES SUR LE RÔLE DES LEVURES PURES DANS LA FERMENTATION

L'EMPLOI de levures pures dans la fermentation des jus de pommes a été l'objet de recherches. Dans la plupart des industries dans lesquelles la fermentation joue un rôle, l'emploi des levures pures est maintenant général, mais au cours de ces dernières années les levures pures ont été également utilisées dans la fermentation des jus de pommes dans un certain nombre de pays. Les levures employées proviennent des différentes espèces de levures qui existent naturellement dans les jus de pommes en état de fermentation, ou d'autres sources, comme par exemple la levure de vin. Comme nous l'avons déjà dit à un chapitre précédent, le but qu'on se propose en employant ces levures c'est d'abord d'obtenir une fermentation plus régulière et plus nette, et ensuite d'améliorer le goût et l'odeur du cidre en supprimant les levures indésirables ou autres micro-organismes présents dans le jus. Quand on emploie la levure de vin, on a recours à des levures provenant de vins connus pour leur saveur et leur bouquet. Comme la levure contribue par la fermentation à assurer au vin son bouquet, on peut penser qu'en l'employant dans la fermentation des jus de pommes, elle amènera le même résultat. Et l'expérience montre qu'en bien des cas on arrive ainsi à améliorer la saveur et l'arôme du cidre.

On cultive la levure pure dans des vases spéciaux qui contiennent un milieu favorable à son développement — dans notre cas du jus de pomme — qu'on a préalablement aseptisé, et quand on en a obtenu suffisamment on l'ajoute au liquide que l'on veut faire fermenter. Ce liquide peut avoir été préalablement chauffé à une température suffisante pour le débarrasser de toutes les cellules vivantes qu'il contenait, comme cela se pratique dans les brasseries, ou il peut avoir été conservé à son état naturel. Dans le premier cas, la levure s'y trouvera seule et n'aura pas à souffrir de la concurrence d'autres micro-organismes ; dans le second cas, elle y rencontrera des quantités variables de différentes espèces de levures et d'autres organismes vivants. Il est évident qu'on obtient une fermentation beaucoup plus régulière et plus nette quand, par le chauffage ou tout autre procédé, on peut détruire les micro-organismes nuisibles qui existent dans le liquide avant d'y ajouter la levure. Toutefois, quand il s'agit du jus de pommes, on se heurte à une difficulté, car le chauffage

affecte la saveur du liquide. Il sera probablement possible de la surmonter en ne chauffant qu'à une température relativement basse qui, sans amener la mort de tous les micro-organismes, amoindrira néanmoins leur vitalité assez sérieusement pour les empêcher d'entrer en concurrence avec la levure sélectionnée. Il est possible qu'en traitant le jus aux rayons ultra-violets, ce qui pourra se faire à peu de frais (quelques sous pour 400 litres) quand nous disposerons des appareils nécessaires, on puisse en effectuer la stérilisation. Cela fera ultérieurement l'objet de recherches.

La méthode que nous avons dû suivre consiste à ajouter au jus à sa sortie du pressoir une quantité de levure sélectionnée suffisante pour permettre à cette dernière en se développant de prendre la place des autres micro-organismes déjà présents dans le jus. Nous avons cultivé chaque type de levure dans un récipient de cuivre étamé, spécialement fabriqué pour cet usage (boîte Carlsberg), qui contenait environ 9 litres de jus aseptisé, et nous avons ajouté une de ces cultures en pleine fermentation à un tonneau qui contenait de 240 à 270 litres de jus sortant du pressoir.

Les cultures de levure pure que nous avons faites et conservées dans notre laboratoire à une température convenable sont, d'après nos constatations, plus susceptibles d'être affectées par des conditions défavorables que la levure naturelle que l'on trouve dans le jus, et cela est spécialement vrai de la température. Si donc on veut obtenir de bons résultats en employant la levure pure, il est nécessaire de maintenir le liquide à une température suffisamment élevée pour favoriser son développement. La température que l'on considère généralement la meilleure quand on opère sur du jus de pommes est d'environ 60° F., et cette température doit en tous cas être maintenue au début de la fermentation. Pour la plupart des jus, il sera suffisant de maintenir cette température pendant 5 ou 6 semaines, ou jusqu'à ce que la fermentation se soit effectuée jusqu'au point voulu, c'est-à-dire quand le liquide possède un poids spécifique de 1,025. Ce point atteint, il conviendra d'abaisser la température, surtout si le cidre a été filtré. Si l'on opère à une basse température, par exemple à 40 ou 45° F., pendant la première période de la fermentation, la levure pure que l'on aura ajoutée ne pourra pas se développer convenablement, et les autres levures présentes dans le cidre l'emporteront: le résultat sera que la levure pure ne pourra subsister et n'aura aucun effet sur le liquide.

Malheureusement nous ne pouvons régler la température de notre salle de fermentation. Beaucoup des jus auxquels nous avons ajouté

des cultures de levure pure furent exposés à des températures irrégulières et quelquefois très basses pendant la fermentation. Au début de décembre la température des jus était tombée à 36 ou 37° F., ce qui amena ce résultat que dans la plupart des cas la levure pure que l'on avait ajoutée succomba devant les levures naturelles du cidre qui résistaient mieux au froid. Dans ces conditions la levure sélectionnée n'eut aucune influence, et le goût et l'arôme du cidre auquel on l'avait ajoutée ne différaient en rien de ceux du même jus qui avait fermenté naturellement. De nombreuses observations au microscope des jus en cours de fermentation auxquels avait été ajoutée de la levure pure révélèrent que cette dernière succombait de plus en plus devant les levures naturelles à mesure que la fermentation s'avavançait.

Quant à la rapidité de la fermentation, on n'observa pas une grande différence entre les jus auxquels on avait ajouté de la levure pure et ceux dont la fermentation s'opéra naturellement. On pourrait s'attendre à ce que les jus fermentant avec addition de levure pure le fassent plus rapidement. C'est ce qui arriverait certainement si on avait des températures favorables.

Parmi les jus provenant d'une seule variété et que l'on fit fermenter avec addition de levure pure, les meilleurs résultats furent obtenus avec le Pull Court Red et le Skyrme's Kernel, chez lesquels on constata une amélioration de la saveur. Le premier avait fermenté avec addition de levure No. 11 (provenant de cidre Wallis Red) ; le dernier avec addition de levure No. 8 (provenant de French Romeril).

Les mélanges B, C et D, portés aux tableaux ci-dessous, fermentèrent avec différentes levures pures.

Dans le cas des mélanges C et D, on observa une certaine différence de goût et d'arome entre les cidres auxquels on avait ajouté de la levure pure et les cidres témoins qu'on avait laissé fermenter naturellement.

MÉLANGE B. — MÉLANGE DE JUS PROVENANT DE POMMES KINGSTON BLACK,
LARGE WHITE ET TAYLOR'S BITTER

	Date du pressage	Poids spécifique du jus frais	Pourcentage d'acide malique	Pourcentage de tannin	Poids spécifique après 3 mois de bouteille	Observations
51 No. 1 Fermenté avec addition de levure No. 21 (provenant de cidre Newton Sweet)	21 novembre	1,057	0,42	0,19	1,028	Très bon
52 No. 2 Fermenté avec addition de levure No. 9 (provenant de cidre Sweet Alford)	"	"	"	"	1,028	Bon
53 No. 3 Fermenté avec addition de levure No. 13 (provenant de cidre Gatcombe)	"	"	"	"	1,033	Très bon
54 No. 4 Fermenté avec addition de levure No. 19 (provenant de cidre Strawberry Nor- man)	"	"	"	"	1,029	Très bon
55 No. 5 Fermenté avec addition de levure No. 16 (provenant de cidre Red Jersey)	"	"	"	"	1,027	Bon
56 No. 6 Fermenté avec addition de levure No. 7 (provenant de cidre Kingston Black)	"	"	"	"	1,026	Bon
57 No. 7 Fermenté avec addition de levure No. 32 (provenant de Steinberg, un vin du Rhin)	"	"	"	"	1,027	Bon
58 No. 8 Fermentation naturelle	"	"	"	"	1,028	Bon
59 No. 9 Fermentation naturelle	"	"	"	"	1,029	Très bon

Tous les cidres du mélange B furent filtrés le 5 février suivant. Fûts traités à la paraffine.

MÉLANGE C. — MÉLANGE DE VARIÉTÉS DIVERSES

	Date du pressage	Poids spécifique du jus frais	Pourcentage d'acide malique	Pourcentage de tannin	Poids spécifique après 3 mois de bouteille
60 No. 1 Fermentation naturelle	11 décembre	1,056	0,37	0,36	1,033
61 No. 2 Fermenté avec addition de levure No. 33 (provenant de Piesport, un vin du Rhin)	"	"	"	"	1,036
62 No. 3 Fermenté avec addition de levure No. 29 (provenant de Scharzhofberg, un vin du Rhin)	"	"	"	"	1,036

Tous les cidres du mélange C furent filtrés le 2 mars.

MÉLANGE D. — MÉLANGE PROVENANT DE DABINETT, DE LARGE GREEN ET DE MASTERS' JERSEY

	Date du pressage	Poids spécifique du jus frais	Pourcentage d'acide malique	Pourcentage de tannin	Poids spécifique après 3 mois de bouteille
64 No. 1 Fermentation naturelle	18 décembre	1,050	0,26	0,24	1,015
65 No. 2 Fermenté avec addition de levure No. 26 (provenant de cidre Kingston Black)	"	"	"	"	1,016
66 No. 3 Fermenté avec addition de levure No. 5 (provenant de cidre Yellow Styre)	"	"	"	"	1,015

Tous ces cidres furent filtrés le 23 février suivant.

RECHERCHES SUR LE MATÉRIEL DANS LEQUEL ON LOGE LE CIDRE

Tous les fabricants de cidre savent combien il est difficile d'empêcher le liquide de se détériorer au cours de son séjour dans le fût, une fois la période de fermentation active achevée. Cette détérioration est surtout due à l'acétification qui est elle-même le résultat de l'action, en présence d'oxygène, du ferment acétique sur la boisson. On peut conserver au liquide sa qualité aussi longtemps que la pression exercée par le gaz carbonique à l'intérieur du fût empêche l'air d'y pénétrer. Mais à mesure que le cidre vieillit, et qu'il arrive au printemps ou au commencement de l'été qui suivent l'époque de sa fabrication, il dégage de moins en moins de gaz carbonique, et à moins que le fût ne soit absolument étanché, la pression du gaz à l'intérieur diminuera de plus en plus, jusqu'au moment où elle ne sera plus en mesure de s'opposer à l'entrée de l'air, ce qui, inévitablement, entraînera l'acétification. La mesure dans laquelle cette dernière s'exerce dépend de facteurs bien connus, mais l'étanchéité du fût qui contient le liquide joue un rôle primordial.

Les vaisseaux dont on se sert généralement sont des fûts de bois plus ou moins poreux, et leurs douves sont plus ou moins bien ajustées. Comme la taille et la forme du fût déterminent la proportion de la surface de bois par rapport au volume du liquide, elles ont une importance considérable. C'est pourquoi les gros fabricants de cidre qui disposent de foudres pouvant contenir plusieurs milliers de litres de liquide sont à cet égard plus favorisés que les petits producteurs qui ne possèdent que des vaisseaux beaucoup plus petits.

Néanmoins, les uns comme les autres auraient intérêt à ce qu'on trouvât le moyen de fabriquer à un prix abordable des vaisseaux, en bois ou autre substance, d'une étanchéité parfaite. Jusqu'à présent un tel matériel (cuves en ciments à parois revêtues de plaques de verre, ou cuves en tôle d'acier avec enduit vitrifié) reste d'un prix inaccessible. C'est pourquoi, à Long Ashton, nous avons récemment été amenés à nous occuper de cette question. Il ne paraît pas probable qu'elle reçoive une solution dans un avenir immédiat. Cependant, quelques-unes des observations auxquelles nous nous sommes livrés, et les constatations que nous avons faites au cours de nos expériences, ne nous semblent pas sans intérêt, et nous croyons devoir les publier en raison de la lumière qu'elles jettent sur la question, avec l'espoir

qu'elles seront de quelque utilité à ceux qu'elle intéresse. Mais il ne faut voir dans ce qui va suivre autre chose qu'un compte rendu de travaux en cours.

En premier lieu, nous avons essayé de rendre étanches des bordelaises en les enduisant de diverses substances susceptibles d'obturer les pores du bois et les interstices entre les douves.

Nous avons choisi sept barriques aussi semblables que possible. Elles étaient en châtaignier et avaient récemment contenu du vin. Une de ces barriques fut utilisée comme témoin. Deux d'entre elles furent traitées à la paraffine, et leur surface intérieure fut entièrement recouverte d'une couche mince et régulière de cette substance qu'on employa à chaud. Deux autres furent traitées avec un vernis spécial, A, et deux autres reçurent à l'extérieur une couche de vernis ordinaire.

On remplit toutes ces barriques du même cidre et on les boucha très soigneusement à l'aide d'une bonde de bois de forme conique, autour de laquelle on avait enroulé plusieurs couches de calico traité à la paraffine chaude. L'extrémité inférieure de ces bondes trempait dans le liquide, ce qui avait pour effet de les empêcher de perdre de leur volume. Ces barriques furent conservées dans une partie de la cidrerie où il y avait un fort courant d'air.

Le cidre filtré qu'on utilisa pour cette expérience avait la composition suivante quand il fut mis en fût le 3 mars: poids spécifique, 1,013; acide, au total 0,57%; acide volatil (acétique) 0,036%; tanin, 0,18%; alcool, 3,2%.

Trois mois après, on tira de chacun des fûts une petite quantité de liquide pour en faire l'analyse, et on la remplaça par une quantité identique de ce même cidre qu'on avait mis de côté et conservé dans un vaisseau à fermeture hermétique. Les résultats de cette série d'analyses sont les suivants:

	<i>Poids spécifique</i>	<i>Pourcentage d'acide</i>	<i>Pourcentage d'acide volatil</i>
Fût témoin	1,009	0,58	0,056
Fût paraffiné, No. 1	1,008	0,56	0,060
Fût No. 1, enduit de vernis A	1,010	0,62	0,086
Fût verni No. 1	1,008	0,60	0,073

On voit que le poids spécifique était tombé de 3 à 5 points, que le contenu en acide s'était accru dans le cas des deux derniers échantillons, et que partout il y avait eu augmentation d'acide volatil.

Au bout de six mois on examina pour la dernière fois tous les fûts, et on obtint les résultats suivants :

	<i>Perte par évaporation en cm.³</i>	<i>Poids spéc.</i>	<i>Pourcentage d'acide</i>	<i>Pourcentage d'acide volatil</i>	<i>A la surface du liquide</i>
Fût témoin . . .	8020	1,995	0,46	0,104	Un peu de mycoderme
Fût paraffiné No. 1 . .	8330	1,002	0,44	0,139	Une certaine quantité de mycoderme
Fût paraffiné No. 2 . .	8970	1,002	0,40	0,090	Un peu de mycoderme
Fût enduit de vernis A, No. 1	8320	1,005	0,55	0,099	Un peu de mycoderme
Fût enduit de vernis A, No. 2	6180	1,005	0,52	0,094	Un peu de mycoderme
Fût verni, No. 1 . . .	7120	1,003	0,46	0,097	Presque pas de myco- derme
Fût verni, No. 2 . . .	6170	1,002	0,46	0,084	Un peu de mycoderme
Cidre témoin (mis en bouteille le 3 mars)	néant	1,007	0,47	0,054	

Dans la première colonne du tableau ci-dessus, nous voyons que la perte due à l'évaporation varie entre 8970 centimètres cubes, soit 4 %, et 6180 centimètres cubes, soit 2,7 %. C'est dans le fût enduit du vernis A et portant le No. 2 ainsi que dans le fût verni No. 2 que la perte est la moins élevée, étant dans les deux cas à peu près égale aux trois quarts de celle observée dans le fût témoin.

Quant au poids spécifique, c'est dans les fûts paraffinés et dans les fûts vernis qu'il est le plus bas. Le contenu en acide est le plus élevé dans les fûts passés au vernis A. Les chiffres relatifs aux acides volatils donnent une idée de l'acétification qui est survenue pendant cette période. On ne constate pas une différence bien considérable à cet égard entre le fût témoin et les fûts qui avaient été l'objet de soins spéciaux. Le chiffre élevé relatif au fût paraffiné No. 1 est probablement dû à une petite fente à la partie supérieure du vaisseau.

Il y a dans ces résultats certaines constatations intéressantes qui, à certains égards, sortent du cadre de la question qui nous occupe pour l'instant : nous aurons l'occasion d'y revenir à un chapitre ultérieur.

Tous les échantillons avaient un goût aigre, et l'aigreur mise à part, ne différaient pas beaucoup les uns des autres. Les échantillons provenant des fûts vernis semblaient quelque peu inférieurs à l'échan-

tillon témoin. Ceux provenant du fût verni A avaient un léger arrière-goût dû à la préparation employée.

On peut voir par là que les différentes préparations que l'on fit subir aux fûts n'amènèrent pas des résultats bien supérieurs à ceux obtenus avec des fûts ordinaires.

En France la plupart des cidreries modernes, même quand elles sont peu importantes, conservent leur cidre dans des tonnes de ciment à parois revêtues de plaques de verre. Dans ces conditions, la boisson se garde très bien. Il ne se produit pas d'évaporation, et le cidre n'est jamais en contact avec l'air. Le revêtement de verre est toutefois d'un prix élevé, et il ne nous a pas paru inutile de rechercher une méthode qui permettrait de rendre le ciment non-poreux à meilleur marché.

A l'aide d'un mélange composé d'une partie de ciment, deux parties de sable et 5 % de « Pudlo », on fabriqua des petits récipients en forme de cube, auxquels il manquait la face supérieure, et qui pouvaient contenir un peu plus de quatre litres et demi. Ces vaisseaux subirent des préparations différentes. Après de nombreuses expériences, on découvrit qu'un mélange, composé de 85 parties de paraffine et de 15 parties de résine fondues ensemble, appliqué à chaud sur la surface intérieure du récipient, formait un bon revêtement qui pénétrait suffisamment dans les pores du ciment pour être durable et efficace. On dut appliquer deux couches de ce mélange pour obtenir des résultats satisfaisants.

On prit deux récipients qui avaient été ainsi préparés, et on les emplit le plus complètement possible de cidre. On les couvrit d'une plaque de verre qu'on scella à la cire. Le cidre (poids spécifique 1,020, acide malique 0,65 %, tanin 0,20 %) fut conservé dans ces récipients pendant près d'un an, et on le compara avec un même cidre conservé en bouteille. On s'aperçut qu'il n'en différait pas beaucoup. Il ne présentait aucun goût de métal ou de terre, comme cela arrive au cidre qui a été conservé dans des récipients de ciment dépourvus de revêtement intérieur.

L'EMPLOI DE L'ANHYDRIDE SULFUREUX COMME PRÉSERVATIF DANS LA FABRICATION DU CIDRE

Nous devons dire tout d'abord qu'on peut obtenir un cidre qui se garde presque indéfiniment sans avoir pour cela à employer d'autres procédés de fabrication que ceux généralement adoptés. L'usage de produits chimiques pour assurer la bonne conservation du cidre n'est pas indispensable et beaucoup de fabricants s'abstiennent d'employer de telles substances. A la station de recherches de l'Université, nous avons fabriqué des milliers de cidres provenant de différentes espèces de pommes, et bien que nous nous soyons toujours dispensés de recourir à l'usage de préservatifs, nous avons toujours obtenu un cidre qui se gardait, sauf en de très rares occasions où la détérioration qui survint dans la boisson était due à la qualité des pommes employées.

On est donc en droit de se demander pourquoi l'addition de ces préservatifs n'est pas absolument défendue, et pourquoi elle est autorisée sous une certaine forme par une législation récente. L'attitude du législateur a eu pour conséquence de provoquer de nombreuses enquêtes auxquelles la Station de Recherches a eu à répondre, et il est évident que cette dernière sera appelée de plus en plus à s'intéresser à ce problème.

Comme nous l'avons déjà dit, nous pensons qu'il est possible de fabriquer un cidre de bonne qualité et qui se garde bien sans avoir pour cela à recourir à l'emploi de préservatifs. On peut même dire que pourvu que le fabricant puisse surveiller son cidre jusqu'au moment où il sera consommé, l'emploi d'un préservatif ne saurait se justifier.

Mais il ne faut pas oublier que l'industrie cidricole n'est plus une industrie locale comme elle l'était autrefois, et que ses produits n'étant plus désormais consommés exclusivement sur place, ne peuvent plus être l'objet d'une surveillance attentive de la part du fabricant jusqu'au moment de leur consommation. Aujourd'hui les cidreries livrent à de grandes distances, et leur production est exportée dans toutes les parties du monde. A partir du moment où le cidre quitte le chai, le fabricant se trouve dans la plupart des cas dans l'impossibilité de continuer à lui donner ses soins, et bien souvent il ignore les vicissitudes qu'il a subies avant d'arriver au consommateur.

Il est incontestable d'autre part que le cidre ordinaire livré en fût est une boisson instable qui subit de continuelles transformations en raison même de sa nature et de sa composition. Il contient normalement des matières décomposables parmi ses constituants, et ne renferme à son état naturel aucune substance qui puisse assurer sa conservation. Il s'ensuit donc que si on ne le garde pas dans des conditions favorables, il subira des transformations qui amèneront une perte plus ou moins sérieuse de qualité. Et même quand il est conservé dans les meilleures conditions possibles, il n'est pas à l'abri de risques de ce genre.

Or il est de l'intérêt de l'industrie du cidre que de tels risques, s'ils ne peuvent être entièrement éliminés, puissent tout au moins être considérablement réduits.

Pour toutes ces raisons, on ne saurait, dit-on, refuser au fabricant la faculté d'ajouter à son produit, toutes les fois qu'il le juge utile, une matière propre à en assurer la conservation, comme cela se fait d'ailleurs dans le cas des autres denrées périssables.

LES NOUVEAUX RÈGLEMENTS CONCERNANT L'EMPLOI DES PRÉSERVATIFS

LES deux préservatifs les plus communément employés ont été jusqu'ici l'anhydride sulfureux et l'acide salicylique. Les nouveaux règlements du Ministère de la Santé applicables à partir du 1^{er} janvier 1927 interdisent l'emploi de ce dernier dans la fabrication du cidre, et le seul préservatif qu'il soit permis d'employer depuis cette date est l'anhydride sulfureux, jusqu'à concurrence de 0,02 % (1 partie pour 5.000 parties) soit 14 grains par gallon (3 onces 2 par 100 gallons).

Aussi désirable qu'il soit d'éviter l'emploi de préservatifs dans la fabrication du cidre, l'usage de l'anhydride sulfureux dans les limites permises ne saurait soulever de sérieuses objections. Ce produit chimique a été utilisé pendant des siècles par les marchands de vins et les marchands de cidres, et son emploi dans les conditions où il est autorisé ne peut être préjudiciable à la santé.

A la suite de ces nouveaux règlements, il y a tout lieu de penser que la Station de Recherches sera invitée par les fabricants à résoudre certains problèmes techniques que l'usage de l'anhydride sulfureux comporte. Nous avons déjà d'ailleurs reçu beaucoup de demandes de conseils.

Le présent chapitre passe en revue l'état de nos connaissances

relatives à certains points qui nous ont été soumis. Il contient nécessairement beaucoup de choses que ceux qui ont eu l'occasion d'employer l'anhydride sulfureux connaissent déjà, mais pour répondre aux désirs des autres, nous y avons fait entrer des détails qui n'auraient pas normalement trouvé place dans un rapport scientifique.

MODES D'EMPLOI DE L'ANHYDRIDE SULFUREUX

Dans la fabrication du cidre, on peut se servir de l'anhydride sulfureux de trois façons différentes: (1) en brûlant du soufre et en laissant le cidre absorber l'anhydride sulfureux qui s'en dégage; (2) en l'ajoutant au cidre à l'état pur; (3) en l'ajoutant sous la forme de sels.

(1) Dans les fûts ou les réservoirs contenant du cidre ou destinés à en contenir on brûle du soufre en bâtons, en poudre ou sous la forme de mèches, dont la combustion donne de l'anhydride sulfureux à l'état gazeux. Quand on veut soufrer de grandes cuves ou des réservoirs on peut employer du soufre en bâtons ou en poudre. On le place dans de petits récipients de fer ou de tout autre métal qu'on suspend dans la cuve au moyen de fils d'acier — les fils de cuivre ne doivent pas être employés — on l'allume et on couvre la cuve de façon à empêcher le gaz de s'échapper.

Les mèches soufrées conviennent mieux pour les petits fûts. On les fabrique aisément en trempant dans du soufre fondu de petites bandes de calico. Le soufre doit être fondu lentement et maintenu à une basse température. Si on le chauffe trop, il devient foncé et prend une consistance visqueuse. On introduit la mèche dans le fût en la plaçant dans un petit cylindre de toile métallique dont le fond se termine en forme de coupe, ce qui empêche le soufre de goutter dans le fût. On peut également attacher la mèche au moyen d'un mince fil de fer à un morceau de fil de fer suffisamment rigide qui porte à son extrémité un petit récipient de métal (une boîte à savon à barbe fera l'affaire). On met alors le feu au soufre et on bouche légèrement la bonde. Quand la mèche a cessé de brûler, on la retire en prenant soin de ne laisser aucune cendre dans le fût.

L'inconvénient de cette méthode, c'est qu'on ne peut régler la quantité d'anhydride sulfureux que le jus ou le cidre absorbera. Quand le soufre brûle à l'air une partie de soufre se combine à un poids égal d'oxygène et forme ainsi deux parties d'anhydride sulfureux. La combustion d'une once de soufre donne ainsi deux onces d'anhydride sulfureux. On peut ainsi aisément calculer la quantité

de soufre qu'il faut brûler pour obtenir la quantité d'anhydride sulfureux que l'on désire. Mais la difficulté qui se présente, c'est que cette quantité n'est pas entièrement absorbée par le jus ou le cidre.

Pour surmonter cette difficulté, tout en ne perdant pas de vue les conditions imposées par le Ministère de la Santé, nous avons pensé qu'il pouvait peut-être y avoir un rapport entre la quantité absorbée par le liquide et celle qui, restant dans la partie supérieure du fût inoccupée par le liquide, ne l'est par conséquent pas. En vue d'éclaircir ce point, nous avons fait les expériences suivantes.

Dans la première, que nous fîmes au laboratoire, nous opérâmes sur de petites quantités de jus qui étaient contenues dans des récipients de verre. Dans une série de ces expériences, on brûla, après l'avoir pesée, une petite quantité de soufre dans une bouteille d'une contenance de deux litres et demi. Immédiatement après la combustion du soufre, on remplit ces bouteilles de jus, et l'on détermina le contenu de ce dernier en anhydride sulfureux. On trouva que la quantité moyenne d'anhydride absorbé par le jus était de 58 % de la quantité totale formée par la combustion.

Dans une autre série d'expériences, un décilitre et 5 décilitres de jus furent respectivement placés dans un flacon avant d'y brûler du soufre, et après la combustion les flacons furent immédiatement remplis de jus. On trouva que dans ces conditions il importait peu que l'on versât d'abord le décilitre ou les 5 décilitres : dans les deux cas 76 % en moyenne de la quantité totale de gaz formé était absorbé par le jus.

On refit ces expériences sur une plus grande échelle dans la cidrerie. Dans le premier cas, on brûla 58 gr. 15 de soufre (ce qui correspondait à 116 gr. 3 d'anhydride sulfureux) dans un fût de 450 litres environ que l'on remplit immédiatement après de jus. On trouva que le jus contenait 55 gr. 79 d'anhydride sulfureux, soit 47 % de la quantité totale. Dans une autre expérience on mit 45 litres de jus dans un fût avant d'y brûler du soufre : le jus absorba 71 % de la quantité totale d'anhydride sulfureux.

Ainsi la pratique confirmait les résultats du laboratoire. On peut donc affirmer qu'environ 50 % de la quantité totale de gaz est absorbé par le jus quand on brûle du soufre dans un fût vide, et qu'environ 75 % est absorbé quand le fût est rempli au dixième de sa contenance avant qu'on brûle le soufre. Ces proportions peuvent naturellement légèrement varier.

(2) La deuxième façon d'employer l'anhydride sulfureux est de l'ajouter au cidre à l'état pur. Il est facilement liquéfiable, et se

trouve dans le commerce en syphons de verre ou en cylindres d'acier. En France on vend plusieurs types d'appareils qui permettent de le mesurer. Ils se composent généralement d'un cylindre d'acier qui communique avec un petit cylindre de verre gradué, dans lequel on peut mesurer la quantité que l'on désire. Après avoir mesuré le liquide, on fait communiquer le cylindre avec le jus au moyen d'un tube de verre ou de caoutchouc. Quand on ouvre le robinet, la quantité mesurée d'anhydride sulfureux se volatilise et passe à l'état gazeux dans le jus qui l'absorbe immédiatement. Avec un appareil de ce genre, il n'y a aucune difficulté à doser exactement la quantité d'anhydride sulfureux que l'on désire employer.

(3) Il existe une troisième méthode. Elle consiste à utiliser un sel de l'anhydride sulfureux. On a le choix entre plusieurs sels tels que le bisulfite de soude, le bisulfite de potasse et le bisulfite de chaux.

L'emploi du bisulfite de soude n'est pas à recommander. Des composés du sodium existent dans les jus de pommes en très petites quantités seulement, et les sels de cet élément sont sujets à produire des dépôts et sont préjudiciables à la saveur de la boisson.

Il est préférable d'utiliser les sels de potasse, et le meilleur d'entre eux est sans aucun doute le métabisulfite de potasse. Ce sel s'obtient sous la forme de petits cristaux qui, purs, contiennent 57 % d'anhydride sulfureux. Celui que l'on trouve dans le commerce n'en contient que 55 % environ. Dans la pratique on se sert de ce dernier comme s'il n'en contenait que 50 %. On peut donc employer une quantité en poids de ce sel double de celle en poids de l'anhydride sulfureux que l'on désire obtenir, ce qui signifie, aux termes du règlement en vigueur, 28 grains par gallon (6 onces 4 pour 100 gallons). On peut l'ajouter au cidre à l'état solide, mais dans ce cas, il faut remuer le liquide après l'opération. On peut également le dissoudre dans un peu d'eau chaude avant de l'y ajouter.

Le sel de calcium ou bisulfite de chaux se vend à l'état liquide et présente l'inconvénient qu'on n'est jamais sûr de son contenu en anhydride sulfureux. Autrement il n'existe aucune raison sérieuse contre l'emploi de ce sel pour se procurer l'anhydride sulfureux.

On utilise quelquefois l'acide sulfureux qui est une solution de cet anhydride. Il présente le même inconvénient que le bisulfite de chaux, car son contenu en anhydride sulfureux est également variable.

Le petit fabricant trouvera probablement que la meilleure méthode de soufrage consiste à employer le métabisulfite de potasse. Les cidreries importantes emploieront avec avantage l'anhydride sulfureux liquéfié, procédé plus économique et qui permet de n'introduire

dans le cidre que ce gaz à l'exclusion de toute autre substance. On ne saurait toutefois faire d'objection sérieuse à l'addition au cidre de légères quantités de composés de potasse, puisque cette boisson contient déjà d'autres sels de potasse.

ANALYSE QUANTITATIVE DE L'ANHYDRIDE SULFUREUX

Pour déterminer quantitativement l'anhydride sulfureux dans les expériences ci-dessus ainsi que dans celles dont il sera parlé plus loin, on versa 50 centilitres de jus ou de cidre dans une cornue, et on y ajouta 20 centilitres, soit 20 %, d'une solution d'acide phosphorique. On fit communiquer le flacon avec un générateur de gaz carbonique auquel était attaché un tube peligot dont les deux ballons étaient remplis au tiers environ d'une faible solution d'iode. Après avoir fait passer un courant de gaz carbonique dans l'appareil, on chauffa légèrement la cornue, et on laissa distiller jusqu'à ce qu'il restât environ 10 centilitres de la solution. On maintint le courant de gaz carbonique pendant toute la durée de la distillation. Après la distillation, la solution d'iode fut versée dans un vase, et après y avoir ajouté quelques gouttes d'acide hydrochlorique, on fit bouillir la solution jusqu'à ce qu'elle devînt incolore. On y ajouta ensuite de l'acide hydrochlorique et du chlorure de barium, et on la fit de nouveau bouillir pendant un quart d'heure. Après l'avoir conservée dans le vase pendant 24 heures, on filtra la solution pour en séparer le barium qu'on enflamma et qu'on pesa selon la méthode habituelle.

ACTION SUR LE JUS DE POMME ET SUR LE CIDRE

L'anhydride sulfureux agit directement sur les micro-organismes du cidre en enrayant leur développement. D'où son action préservative. Pour arrêter complètement la fermentation, il faudrait employer une dose beaucoup plus forte que celle que la loi permet.

Son action enrayante varie selon les jus et les cidres et dépend de leur contenu en matières azotées. On sait que certains jus contiennent moins que d'autres les matières azotées dont la levure se nourrit et possèdent par conséquent une fermentation moins rapide. L'addition à ces jus de 2 % d'anhydride sulfureux est quelquefois suffisante pour arrêter leur fermentation pendant un temps considérable. C'est pourquoi il faut être très prudent quand on utilise l'anhydride sulfureux avec ces jus.

Les expériences suivantes montrent son action retardatrice sur la fermentation.

On ajouta à un certain nombre de flacons qui contenaient chacun

deux litres et demi de jus nouvellement pressé différentes quantités d'anhydride sulfureux (série A). On laissa fermenter pendant 6 jours d'autres flacons semblables, et le jus qu'ils contenaient fut ensuite séparé de la levure par soutirage et versé dans des flacons identiques auxquels on ajouta la même quantité d'anhydride sulfureux que ci-dessus (série B). Dans la série C, on ajouta la moitié de la dose au début, l'autre moitié après le soutirage. Les flacons furent munis d'un barboteur et conservés à la température de la chambre. On prit leur poids spécifique à intervalles réguliers.

On trouvera les résultats en détail au tableau I.

En parcourant la série A, on verra que l'action de l'anhydride sulfureux sur la fermentation du jus, qui était de ceux qui fermentent rapidement (fermentation à 25° 10), ne fut pas très marquée. Même avec la quantité maxima autorisée par la loi, c'est-à-dire 0,02 %, soit 14 grains par gallon, on n'arriva pas à retarder considérablement la fermentation. Si l'on considère ce qui s'est passé dans la série B, on s'aperçoit qu'il en fut tout autrement. Dans cette expérience, où le jus avait été débarrassé de sa première culture de levure après soutirage à la fin du sixième jour, l'addition d'anhydride sulfureux eut un effet très marqué. Dans le cas du No. 4, où la dose maxima fut employée, il fallut au jus deux mois pour que son poids spécifique tombât à la température de la chambre, de 1,034 à 1,010.

Dans le cas de la série C, l'action retardatrice ne fut pas si considérable.

CE QU'IL ADVIENT DE L'ANHYDRIDE SULFUREUX

La totalité de l'anhydride sulfureux ne reste pas à cet état, mais se combine dans une certaine mesure avec les constituants du cidre, spécialement avec les sucres et les aldéhydes, tandis qu'une certaine quantité se transforme par oxydation en acide sulfureux.

Pour connaître dans quelle proportion l'anhydride sulfureux est détruit, on remplit 12 flacons de deux litres et demi d'un cidre qui n'avait pas été filtré, mais avait été soutiré et dont voici l'analyse : poids spécifique 1,039, acide malique 0,21 %, tanin 0,15 %, alcool 0,8 %, fermentation du jus à 25° 3. On y ajouta différentes quantités d'anhydride sulfureux, et après les avoir pourvus d'un barboteur, on les conserva à l'obscurité dans le cellier.

Dans le tableau II on trouvera les renseignements relatifs à la fermentation, et les quantités d'anhydride sulfureux qui n'avaient pas été détruites.

On y verra que la fermentation de ce jus qui est naturellement

TABLEAU I

Séries	No.	Pourcentage d'anhydride sulfureux ajouté au début	Poids spécifique au début	Poids spécifique après 1 semaine	Pourcentage d'anhydride sulfureux après 1 semaine	Poids spécifique après 2 semaines	Poids spécifique après 3 semaines	Poids spécifique après 4 semaines	Poids spécifique après 5 semaines	Poids spécifique après 6 semaines	Poids spécifique après 7 semaines
A. Anhydride sulfureux ajouté immédiatement	1	Témoin	1,047	1,035	..	1,023	1,010	1,000	..	..	..
	2	0,010	1,047	1,038	..	1,024	1,011	1,001	..	..	..
	3	0,015	1,047	1,039	..	1,026	1,014	1,003	..	..	..
	4	0,020	1,047	1,041	..	1,029	1,016	1,005	..	..	..
B. Anhydride sulfureux ajouté après sou- tirage	1	..	1,034	1,023	Témoin	1,011	1,006	1,003	1,002	1,000	1,000
	2	..	1,034	1,033	0,010	1,030	1,028	1,025	1,020	1,018	1,013
	3	..	1,034	1,034	0,015	1,033	1,031	1,030	1,026	1,024	1,020
	4	..	1,034	1,034	0,020	1,034	1,034	1,033	1,030	1,029	1,024
C. La moitié de l'anhy- dride sulfureux est ajoutée immédiate- ment, l'autre moitié après soutirage	1	Témoin	1,047	1,034	Témoin	1,024	1,013	1,007	1,003	1,001	1,000
	2	0,005	1,047	1,037	0,005	1,028	1,019	1,010	1,005	1,002	1,000
	3	0,0075	1,047	1,038	0,0075	1,032	1,024	1,015	1,009	1,003	1,001
	4	0,010	1,047	1,040	0,010	1,034	1,027	1,020	1,013	1,005	1,002

TABLEAU II

No.	Pourcentage d'anhydride sulfureux ajouté	Poids spécifique au début	Poids spécifique après 1 semaine	Poids spécifique après 3 semaines	Poids spécifique après 5 semaines	Poids spécifique après 7 semaines	Poids spécifique après 9 semaines	Poids spécifique après 12 semaines	Pourcentage de résidu d'anhydride sulfureux
0	Témoin	1,039	1,033	1,032	1,028	1,022	1,016	1,011	..
1	0,005	1,039	1,034	1,033	1,028	1,023	1,016	1,012	0,0037
2	0,0075	1,039	1,034	1,033	1,028	1,022	1,016	1,011	0,0053
3	0,010	1,039	1,035	1,034	1,029	1,023	1,017	1,012	0,0081
4	0,0125	1,039	1,037	1,036	1,033	1,029	1,023	1,020	1,0103
5	0,0150	1,039	1,038	1,038	1,036	1,033	1,030	1,026	0,0130
6	0,0175	1,039	1,039	1,038	1,037	1,034	1,031	1,028	0,0142
7	0,0200	1,039	1,039	1,039	1,037	1,034	1,032	1,028	0,0174
8	0,0225	1,039	1,039	1,039	1,037	1,035	1,032	1,030	0,0190
9	0,0250	1,039	1,039	1,039	1,038	1,036	1,033	1,031	0,0233
10	0,0275	1,039	1,039	1,038	1,038	1,037	1,033	1,032	0,0240
11	0,0300	1,039	1,039	1,039	1,038	1,037	1,033	1,032	0,0275

lente fut considérablement retardée par l'addition de l'anhydride sulfureux. Quant à la proportion d'anhydride sulfureux détruit, elle varie entre 7 % et 27 %, la moyenne étant de 16 %. Dans le cas des faibles concentrations (Nos. 1 à 4), la perte est proportionnellement plus élevée que dans les fortes concentrations.

Si l'on utilise les doses permises (cas des Nos. 1 à 7 inclus), on pourra compter sur une perte moyenne de 15 %.

En ce qui concerne la saveur, on remarquera que le goût caractéristique de l'anhydride sulfureux, qui se reconnaît aisément au début, avait complètement disparu après 12 semaines dans les échantillons Nos. 1 à 7. Dans le cas de l'échantillon No. 8, le goût persistait encore légèrement, mais il était facilement reconnaissable dans les Nos. 9, 10 et 11.

Des expériences identiques furent faites avec du cidre en bouteilles.

On mit en bouteilles après y avoir ajouté différentes quantités d'anhydride sulfureux (A) et de métabisulfite de potasse (B) un mélange de cidres dont voici l'analyse: poids spécifique 1,019, acide malique 0,44 %, tanin 0,21 %, alcool 3,4 %. On mit les bouteilles au cellier, et au bout de 4 mois, on examina leur contenu en anhydride sulfureux.

On trouvera les résultats dans le tableau ci-dessous.

No.	A		B	
	Pourcentage d'anhydride sulfureux présent		Pourcentage de métabisulfite présent au début	Pourcentage d'anhydride sulfureux présent après 4 mois
	au début	après 4 mois		
1	0,005	0,0037	0,010	0,0037
2	0,0075	0,0059	0,015	0,0054
3	0,0100	0,0093	0,020	0,0081
4	0,0125	0,0108	0,025	0,0103
5	0,0150	0,0114	0,030	0,0114
6	0,0175	0,0141	0,035	0,0147
7	0,0200	0,0180	0,040	0,0163
8	0,0250	0,0201	0,050	0,0212
9	0,0300	0,0256	0,060	0,0251

Le métabisulfite de potasse qu'on employa contenait 55 % d'anhydride sulfureux et on en ajouta une quantité qui pesait exactement le double de celle de l'anhydride sulfureux que l'on désirait obtenir. La quantité d'anhydride qui fut détruite pendant ces 4 mois fut identique dans les deux cas, la moyenne étant d'environ 17 %.

L'addition d'anhydride sulfureux et de métabisulfite de potasse au cidre en bouteilles eut sur sa saveur la même influence que celle

constatée au cours de l'expérience décrite plus haut. Ce n'est qu'en employant des doses supérieures à celles autorisées (0,02 % et 0,04 %), qu'on pût reconnaître le goût de l'anhydride sulfureux au bout de la période pendant laquelle le cidre fut conservé.

Quant au moment le plus favorable pour ajouter l'anhydride sulfureux en vue d'agir sur la fermentation, il se présente après l'encuvage ou le premier soutirage — généralement de 6 à 8 jours après le début de la fabrication — bien qu'il y ait certains avantages à procéder à l'opération en deux fois. Dans ce dernier cas, on ajoute les trois quarts de la dose après l'encuvage et le reste quand le cidre est paré, au début du printemps.

Quand il s'agit de cidre qui n'a pas été filtré, il y a souvent avantage à opérer d'une autre façon. On ajoute à une certaine quantité de jus nouvellement pressé une dose quintuple de celle que la loi permet d'employer, soit 0,1 % d'anhydride sulfureux ou 0,2 % de métabisulfite de potasse, ce qui équivaut à ajouter 1 gramme d'anhydride sulfureux ou 2 grammes de métabisulfite de potasse par litre. Cette opération arrête complètement la fermentation, et le liquide peut être conservé dans cet état pendant plusieurs mois. Quand viendra l'été, on pourra mélanger ce jus infermenté avec un cidre sec auquel on n'aura pas ajouté d'anhydride sulfureux. Il conviendra bien entendu de faire le mélange dans des proportions telles que lorsqu'il aura été effectué il ne puisse contenir une quantité d'anhydride sulfureux supérieure à celle que la loi permet d'utiliser. Si par exemple on a ajouté au jus 5 fois la dose permise, on fera le mélange de façon qu'il contienne une partie de jus infermenté pour quatre parties de cidre sec n'ayant pas déjà subi l'addition d'anhydride sulfureux.

QUELQUES NOUVEAUX MODÈLES DE FILTRE

LES RÉSULTATS QU'ON PEUT EN OBTENIR

L'ADOPTION du filtre, au début du siècle, marqua le début d'une nouvelle étape dans le développement de l'industrie cidricole. Grâce à cet appareil, on put désormais obtenir, sans trop de difficulté, un cidre clair à n'importe quel moment de sa fermentation, ralentir ou arrêter cette dernière à volonté, et par conséquent conserver au produit la douceur désirée. Ce modèle de filtre ne réussissait pas cependant à débarrasser le liquide de tous ses germes, et dans une certaine mesure laissait passer les cellules de levure et les bactéries. Le filtrage ne mettait donc pas le cidre à l'abri de fermentations secondaires et de désordres dûs à l'action des bactéries.

Depuis leur apparition, ces appareils ont subi certaines modifications qui n'ont toutefois pas amené une amélioration du filtrage. On peut donc dire que malgré leur utilité, ils ne sauraient complètement satisfaire les besoins de la fabrication. Le commerce des cidres de bouteille demande qu'on lui livre un liquide clair, sans dépôt, et qui se garde parfaitement. Pour répondre à ces besoins, on construisit de nouveaux modèles de filtre en utilisant de nouveaux procédés de filtrage, mais les résultats que donnèrent ces appareils ne furent guère satisfaisants. Récemment cependant, deux nouveaux types d'appareils furent employés :

Le filtre Seitz. Le filtre Seitz et le centrifugeur, dont nous avons été les premiers à préconiser l'emploi et à adapter aux besoins de la fabrication du cidre, ont seuls rendu possibles les énormes progrès qui ont été réalisés au cours de ces 5 ou 6 dernières années. C'est surtout dans la production des cidres de bouteille que ces progrès ont été les plus marqués, et l'on peut dire que le rapide développement du commerce d'exportation est entièrement dû à l'emploi de ces deux appareils.

Avant de donner des détails sur le mode d'emploi de l'appareil, nous en donnerons une brève description.

Le filtre désigné sous le nom de filtre E.K. fut mis sur le marché par la maison Seitz-Werke, de Kreuznach, Allemagne. Avant l'invention de ce filtre qui stérilise par des moyens mécaniques, on avait recours pour se débarrasser des micro-organismes aux méthodes inventées par ce grand Français Pasteur, méthodes qu'on désigne sous le nom de pasteurisation. Ces méthodes présentaient l'inconvénient

de provoquer des dépôts désagréables dans tous les jus de fruits. De plus, si la température au cours de la pasteurisation est trop élevée, elle risque d'agir sur les vitamines. Enfin cette méthode n'est pas sans danger pour la saveur du produit. Il faut dire toutefois que lorsqu'elle est bien conduite la pasteurisation a très peu d'effet sur les vitamines A et C.

La méthode idéale dans l'industrie qui nous concerne consiste à combiner le filtrage avec une stérilisation à froid : c'est précisément ce que permet de réaliser le filtre Seitz.

La partie essentielle de cet appareil consiste en des disques de construction spéciale insérés dans un filtre-pressé du type usuel. Ces disques sont faits d'un mélange comprimé de fibres très fines de coton et d'amiante. Le jus doit d'abord être rendu aussi clair que possible en le faisant passer à travers un filtre ordinaire. Il est ensuite introduit dans le filtre Seitz, qui naturellement a été préalablement stérilisé à la vapeur. A sa sortie de l'appareil, le jus est versé dans les bouteilles qu'on a eu soin de stériliser en les rinçant dans une solution à 2% d'anhydride sulfureux.

On pensa tout d'abord que les pores des disques étaient si fins qu'ils pouvaient s'opposer au passage de toutes les cellules mesurant plus d'un micron. Mais on a trouvé depuis que ces pores ont plusieurs fois la dimension des plus grandes cellules de levure et que par conséquent ces disques ne peuvent à proprement parler jouer le rôle de tamis. Leur action consiste plutôt à absorber les cellules qui restent collées aux parois de leurs pores.

En examinant au microscope les différentes couches de matière dont le disque se compose, on trouva qu'elles étaient loin de contenir la même quantité d'organismes. Le nombre de ces derniers devenait de plus en plus petit à mesure qu'on approchait de la dernière couche, et l'on put observer qu'aucun d'eux ne réussit à passer quand la pression ne dépassait pas une atmosphère et demi par centimètre carré.

En séparant les cinq couches qui constituent le disque, et en comptant les organismes que chacune d'elles contenait, on obtint les chiffres suivants :

1ère couche	.	.	.	.	.	600.000 environ
2ème couche	.	.	.	.	.	300.000 „
3ème couche	.	.	.	.	.	200 „
4ème couche	.	.	.	.	.	100 „
5ème couche	.	.	.	.	.	20 „

Les disques pesaient de 0,1 à 0,2.

Chacun de ces disques est fait d'un mélange uniforme de 60 % de fils de coton et de 40 % de fibres d'amiante.

Au cours des expériences que nous avons faites, nous avons trouvé qu'en utilisant un cidre qui avait déjà été filtré dans un appareil ordinaire, on pouvait faire passer 1.000 litres à travers le Seitz avant d'avoir à changer les disques. Le Seitz employé dans ces expériences possédait 12 disques de 30 centimètres de diamètre.

Nous avons fait les expériences suivantes avec ce filtre :

1. Nous avons ajouté à un cidre Sweet Alford du jus concentré de pommes, un peu de sucre, de phosphate d'ammoniaque et un peu de lie provenant de fûts de différents cidres. Nous y avons en même temps ajouté une culture fraîche du bacille de la maladie du cidre, une bouteille de cidre filant et un peu de cidre acétifié. Ce cidre constituait ainsi un milieu très favorable pour le développement des différents organismes qui causent les maladies. On filtra ce mélange et on le mit dans des bouteilles que l'on conserva à une température variable (de 60° à 70° F.). Au bout d'un an, aucune des bouteilles ne renfermait de colonies de micro-organismes, et le cidre était parfaitement clair et sain.

2. On tira d'un fût 27 litres de cidre que l'on filtra et que l'on mit en bouteilles. On en fit deux lots. A l'un on ajouta du sucre, à l'autre pas. Dans les deux cas, des bouteilles furent remplies directement au tonneau pour servir de témoins. Au bout de six mois, on n'observa aucun dépôt dans les échantillons, alors que les bouteilles témoins contenaient un dépôt de levure.

En dehors de ces deux séries d'expériences, on mit en bouteilles, après les avoir filtrés au Seitz, plusieurs fûts de Kingston Black et un cidre provenant de 16 variétés de pommes. On ne constata dans ce cas également aucun dépôt, alors que les bouteilles témoins qui contenaient le même cidre passé au filtre ordinaire en renfermaient. Dans un ou deux cas, après une longue période en bouteilles, il apparut un léger dépôt dans le cidre passé au Seitz, mais cela était dû à la trop forte pression exercée sur les disques au cours de l'opération du filtrage.

On peut donc conclure de ces expériences qu'un filtre de ce genre est capable de débarrasser le cidre de tous ses micro-organismes, levures et bactéries, qu'il ne se produit ensuite aucune colonie dans les bouteilles, et que le liquide reste clair indéfiniment.

Quand le commerce demande qu'on lui livre une boisson claire et exempte de dépôt, l'utilité de ce filtre est évidente. Il permet de mettre sur le marché un produit d'une belle limpidité qui résiste à toutes les maladies.

Mais certains inconvénients résultent de son emploi. En premier lieu, si l'on veut obtenir un cidre mousseux, il est nécessaire de lui faire subir une carbonatation artificielle. En second lieu, l'opération du filtrage entraîne des frais supplémentaires. Enfin, et surtout, le cidre ainsi filtré ne vieillit pas en bouteille, et conserve toujours son goût nouveau.

En ce qui concerne le premier de ces points, on sait que l'addition de gaz carbonique est un procédé auquel on a déjà souvent recours, mais l'effervescence que l'on obtient de cette façon est loin de valoir celle qui résulte d'une lente fermentation en bouteille. On pourrait peut-être remédier à cet inconvénient en ajoutant au liquide, après le filtrage, une quantité modérée de pure culture de levure, de sorte qu'on n'obtiendrait qu'un léger dépôt, tout en provoquant une effervescence naturelle qui viendrait s'ajouter à celle obtenue artificiellement. Nous ferons des recherches dans ce sens au cours de la prochaine saison. L'addition de levure pure devrait avoir, en même temps, une action favorable sur le goût du cidre.

On peut estimer que les frais d'entretien des disques s'élèvent à environ 5 schillings pour 100 gallons. Les frais de main-d'œuvre ne sont pas compris dans ce calcul.

Le Métafilter. Nous avons récemment expérimenté un modèle de laboratoire du type désigné sous le nom de Métafilter. Ce filtre est basé sur un nouveau principe. Au lieu d'utiliser la pulpe, l'amiante ou le coton comme matière filtrante, il emploie une ou plusieurs séries de minces bandes de métal disposées en couches très serrées et ne laissant entre elles que de très fins interstices. On ajoute au cidre à filtrer un peu de kieselguhr ou poussière de charbon très fine qui, quand le liquide arrive en contact avec la surface métallique filtrante, obture partiellement les interstices et agit comme couche filtrante.

Les résultats obtenus au cours de ces essais ne permettent pas de conclure définitivement quant à l'efficacité de ce type d'appareil. Nous n'avons malheureusement pu disposer d'un plus grand modèle.

Les deux genres de filtres que nous venons de décrire sont capables de rendre de très grands services dans la fabrication du cidre en permettant à cette dernière de produire un cidre exempt de dépôt sans avoir à recourir à la champagnisation qui nécessite des frais considérables. Leur emploi dans la fabrication des boissons non-alcooliques provenant de jus de fruits est tout indiqué.

LA CLARIFICATION DU CIDRE PAR CENTRIFUGEUR

On a quelquefois pensé à employer le centrifugeur à la place du filtre. Jusqu'à présent, à la Station de Recherches, il ne nous a pas été possible de nous livrer sur le centrifugeur à des expériences dont les résultats eussent pu être concluants, mais au cours de la saison cidricole de 1929-30, grâce au concours de « The Super Centrifugal Engineers, Ltd. », qui ont mis à notre disposition un Sharples Super Centrifuge, nous avons pu étudier l'emploi de cet appareil.

L'objet principal de nos études était de comparer les résultats obtenus avec le centrifugeur à ceux que donne le filtre dans la clarification des cidres et la conduite de leur fermentation. Pour cela on choisit des cidres arrivés à différents stades de leur fermentation, on les traita au centrifugeur et au filtre, et on observa les différences qui apparurent ensuite dans leur tenue tant en fût qu'en bouteille. Nous étudiâmes conjointement la vieille méthode du soutirage.

En ce qui concerne les échantillons passés au centrifugeur, on constata, au cours d'expériences préliminaires, qu'une méthode satisfaisante consiste à régler la vitesse de la machine de façon à ce qu'elle débite le liquide clarifié à raison de 500 litres environ à l'heure. A cette vitesse le centrifugeur tourne à 16.000 tours à la minute. C'est dans ces conditions que furent traités les cidres utilisés dans ces expériences. Le centrifugeur fut alimenté par gravité, le débit du liquide étant réglé par un robinet.

On trouvera dans le tableau ci-dessous des renseignements sur chacun des cidres utilisés dans ces expériences ainsi que leur poids spécifique après traitement. Voici maintenant quelques observations qu'il ne nous était pas possible d'y faire entrer.

CLARIFICATION

En général, en ce qui concerne la clarification, les échantillons filtrés possédaient cette apparence brillante qu'on peut toujours obtenir en employant un filtre moderne. La quantité de cidre qu'on put faire passer à travers le filtre avant que l'efficacité du filtrage ne faiblît et qu'une nouvelle charge ne fût nécessaire, varia selon la nature du cidre et son degré de fermentation au moment de l'opération. Ce résultat, qui concorde avec ceux obtenus dans la pratique, ne nécessite aucune remarque ici. La quantité du dépôt de levure qui se forma dans la suite et la rapidité de son apparition furent

également normales et furent déterminées par l'allure de la fermentation du jus et l'âge du liquide au moment du filtrage.

Les échantillons centrifugés ne présentaient pas l'aspect brillant qu'ils auraient eu s'ils avaient été filtrés, et étaient toujours légèrement troubles. Ce manque de limpidité était en partie dû à la présence des cellules de levure qui s'y trouvaient en suspension, et dont le centrifugeur ne les débarrassa pas. Le nombre de ces résidus de cellules différait quelque peu selon les échantillons, et dépendait dans une grande mesure de la rapidité avec laquelle l'opération était conduite. En ralentissant la marche de cette dernière, ce qui pouvait s'obtenir en réduisant le débit du liquide à sa sortie du centrifugeur, on put obtenir une boisson plus claire contenant moins de cellules de levure. Le léger trouble attribuable à la levure n'était pas cependant la cause principale du manque de clarté, car il n'est pas douteux que celui-ci était dû à des matières colloïdales qu'un filtrage aurait pu faire disparaître mais dont le centrifugeur ne pouvait débarrasser le liquide.

Bien que la clarté des cidres filtrés fût supérieure à celle des cidres centrifugés, le centrifugeur présentait, en ce qui concerne l'opération même de la clarification, des avantages qui compensaient l'infériorité que nous venons de constater. Il n'avait aucune difficulté à clarifier des jus d'un poids spécifique élevé au premier stade de leur fermentation, ce que le filtre ne saurait faire d'une façon satisfaisante. L'opération nécessitait également moins de temps. Le chargement fréquent du filtre fait perdre beaucoup de temps, alors qu'il ne faut qu'environ dix minutes pour enlever le bassin du centrifugeur, le nettoyer et le remplacer, ce qu'il n'est pas nécessaire de faire souvent. La levure forme sur les parois du bassin un dépôt de la consistance de la pâte, et peut facilement s'enlever.

Le manque de clarté des liquides centrifugés suffit pour empêcher d'en faire des cidres de bouteille de qualité supérieure. On a toutefois trouvé qu'on pouvait très facilement et très rapidement rendre aux cidres centrifugés leur clarté en les filtrant. On peut faire passer dans le filtre, sans avoir à le recharger, un très grand volume de liquide. Il est important de remarquer à ce sujet qu'un cidre centrifugé ne perd, au cours du filtrage, aucune des qualités caractéristiques dont nous parlerons plus loin, et que ce procédé permet d'obtenir un produit qui offre à la fois les qualités du cidre centrifugé et celles du cidre filtré.

CONDUITE DE LA FERMENTATION

Le tableau ci-contre montre les changements qui interviennent dans le poids spécifique de chacun des cidres traités, après un long séjour en bouteille.

EXPÉRIENCES SUR LA CONDUITE DE LA FERMENTATION. TRAITEMENT PAR LE CENTRIFUGEAGE

Variété	Fabriqué le:	Poids spécifique du jus frais	Pourcentage d'acide malique	Pourcentage de tannin	Fermentation	Centrifugé le:	Poids spécifique à la date du centrifugeage	Poids spécifique mai 1931
Colmans . . .	18.11.30	1,044	0,75	0,15	6,0	(Laval) 24.12.30	1,030	1,027
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	"
Woodbine . . .	13.11.30	1,055	0,40	0,16	5,7	(Laval) 18.12.30	1,025	1,025
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	1,024
Pear Pine . . .	17.11.30	1,044	0,22	0,11	6,2	(Laval) 9.12.30	"	1,024
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	1,024
Pound Apple . . .	18.11.30	1,050	0,39	0,17	5,3	(Laval) 2.1.31	"	1,023
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	1,024
Royal Wilding . . .	7.11.30	1,051	0,25	0,22	7,6	(Laval) 2.12.30	"	1,020
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	1,020
French . . .	20.11.30	1,046	0,26	0,34	5,8	(Laval) 10.12.30	"	1,025
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	1,024
Pommes mélangées . . .	6.10.30	1,045	0,54	0,17	"	14.10.30	1,021	1,020
Pommes mélangées . . .	1.11.30	1,048	0,46	0,15	"	14.11.30	1,032	1,031 ¹
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	1,030 ²
Pommes mélangées . . .	27.11.30	1,045	0,49	0,17	"	5.12.30	1,026	1,023 ³
"	"	"	"	"	"	(Sharples) "	"	1,022 ⁴

¹ Poids spécifique en fût 1,028.

² Poids spécifique en fût 1,023.

³ Poids spécifique en fût 1,021.

⁴ Poids spécifique en fût 1,020.

On a dit précédemment que les cidres centrifugés n'étaient jamais aussi complètement débarrassés de la levure que les cidres filtrés. La quantité de cellules de levure que les premiers continuent à renfermer est suffisante pour que l'on puisse s'attendre à ce qu'ils fermentent davantage que les derniers. Toutefois, aussi invraisemblable que cela puisse sembler, pendant les quelques semaines qui suivirent l'opération de la clarification, les échantillons centrifugés fermentèrent moins que les autres. Et jusqu'en décembre même, aucun d'eux n'avait subi une diminution de son poids spécifique de plus d'un point.

De nouvelles recherches seront nécessaires si l'on veut trouver l'explication de cette action inattendue du centrifugeur sur la levure, mais pour l'instant il n'est pas douteux que l'inactivité de cette dernière résulte directement de l'emploi de cet appareil car on l'observe régulièrement chez les cidres les plus différents qui ont été clarifiés au centrifugeur.

GOÛT

Même si l'on ne tient aucun compte des différences qu'ils présentent, tant en ce qui concerne leur contenu en sucre qu'en acide, différences dont on pourra facilement avoir une idée en parcourant le tableau ci-dessus, on peut presque toujours distinguer au goût un cidre filtré d'un cidre centrifugé. La différence, dans certains cas, est très marquée et porte sur les trois points suivants.

Les cidres centrifugés avaient davantage le goût de pomme, et dans certain cas, la différence à cet égard était si grande qu'on avait peine à croire que le cidre filtré provenait du même jus.

Le cidre centrifugé était également plus doux. On s'accorde à reconnaître que le cidre filtré est généralement quelque peu âpre.

Ceux qu'on obtint à la suite de ces expériences étaient à cet égard typiques. Les échantillons centrifugés étaient au contraire très doux, et on pouvait dans certains cas leur reprocher de manquer de caractère.

Les cidres centrifugés étaient également plus corsés que les cidres filtrés qui étaient plutôt plats.

DIFFÉRENCES DE POIDS SPÉCIFIQUE ET D'ACIDITÉ

Le tableau qui figure à la page 85 contient les renseignements relatifs à chacun des cidres utilisés dans ces expériences. Ces cidres furent mis dans des bouteilles que l'on boucha avec des bouchons de vulcanite munis d'une bague de caoutchouc (screw stopper), et on les conserva

à la température ordinaire du cellier jusqu'au moment où on les examina, aux mois de février et mai suivants.

On remarquera qu'à l'exception de deux des cidres Kingston Black, ces liquides fermentèrent plutôt vite, ce qui rendit sévères les épreuves auxquelles on les soumit en vue de connaître dans quelle mesure il était possible de diriger leur fermentation, et d'opérer leur clarification.

Les résultats obtenus à la suite de ces expériences montrent à ce double point de vue des différences très marquées entre les cidres centrifugés et les cidres soutirés. Il est clair que lorsqu'on veut empêcher la fermentation secondaire d'un cidre que l'on désire conserver longtemps, on peut, en le centrifugeant, atteindre ce résultat aussi certainement qu'en le soutirant.

A ce sujet nous rappellerons une expérience qui a été faite avec un cidre provenant de différentes espèces de pommes. Cette expérience ne figure pas au tableau. Trente fûts de 500 litres environ furent passés au centrifugeur alors que le poids spécifique du liquide était tombé à 1,030.

On conserva ces fûts pendant 4 mois à la température ordinaire. Pendant cette période il ne se produisit aucune fermentation, le poids spécifique ne tombant en aucun cas de plus de trois points. Des fûts témoins du même cidre auquel on n'avait pas fait subir ce traitement avaient complètement fermenté en deux mois.

Une nouvelle série d'expériences fut faite qui avaient pour objet : 1°, d'étudier comment on peut diriger la fermentation ; 2°, de s'assurer de la valeur de chacun des différents types de centrifugeurs.

1°. *Conduite de la fermentation.*

(a) Au début de décembre 1930, on passa au centrifugeur Sharples 40 fûts contenant chacun 540 litres environ d'un jus en fermentation provenant de différentes espèces de pommes. Au moment de l'opération, les poids spécifiques de ces liquides variaient entre 1,021 et 1,032. On conserva les fûts à la température ordinaire, et de temps en temps on prit le poids spécifique des jus. A la fin de mars 1931, on constata que la moitié des fûts avaient perdu 2 points de leur poids spécifique, tandis que parmi les fûts qui composaient l'autre moitié, il y en avait 3 chez lesquels il y avait perte de 4 points, le reste ayant perdu 3 points.

(b) Des fûts semblables contenant des jus qui avaient fermenté jusqu'à ce que leur poids spécifique eût atteint de 1,012 à 1,016 et qu'on passa au centrifugeur à la même époque ne perdirent qu'un ou deux points après avoir été conservés 4 mois à la température ordinaire.

Dans ces deux expériences, des fûts témoins de cidre non centrifugé devinrent secs en 8 ou 10 semaines.

On remarquera que l'arrêt de la fermentation que l'on constata dans ces jus après qu'ils eurent été centrifugés est réel, et que cela ne fait que confirmer les résultats obtenus l'année précédente avec des cidres centrifugés conservés en bouteilles.

2°. *Essais comparatifs des différents types de centrifugeurs.*

On essaya, en vue de les comparer, deux centrifugeurs de construction différente, le Sharples et l'Alfa-Laval. Les résultats de ces essais qu'on trouvera au tableau ci-dessous semblent bien indiquer qu'il y a très peu de différences entre ces deux appareils au point de vue de la qualité du travail qu'ils effectuent.

Un autre genre de centrifugeur est actuellement à l'essai. C'est le modèle Alfa-Laval à travail continu dont on se sert dans les manufactures de levure pour séparer cette dernière du liquide fermenté. Avec un appareil ainsi construit, on peut séparer les jus fermentés en deux parties dont l'une qui représente environ 10 % contient la levure, et l'autre d'environ 90 % ne contient que du jus clarifié. On peut laisser la partie épaisse déposer pendant quelques jours et la centrifuger de nouveau. Un centrifugeur de ce modèle a l'avantage de donner un travail continu. Avec le modèle dont nous nous sommes servis, on peut centrifuger environ 1.000 litres à l'heure.

Si l'on compare les cidres centrifugés avec les cidres filtrés, après un an de bouteille, on constate que les premiers déposent beaucoup plus que les derniers. Quand on débouche une bouteille de cidre filtré il se produit une effervescence plus ou moins considérable, et un examen au microscope du dépôt révèle la présence de levures et de bactéries.

Les cidres centrifugés contiennent au contraire des colonies beaucoup plus régulières de cellules homogènes, et très peu de bactéries. Ils ne donnent, de plus, aucune effervescence. En fait, des échantillons de ce cidre que nous avons examinés possédaient à la surface des colonies de *Penicillium glaucum*, ce qui prouvait qu'aucune fermentation ne s'était produite. Il en fut ainsi d'ailleurs dans les fûts dont nous avons parlé plus haut.

RECHERCHES SUR L'ACTION DE LA FORCE CENTRIFUGE SUR DES CULTURES DE DIFFÉRENTS TYPES DE LEVURES

Expérience 1. On stérilisa l'intérieur du bassin du centrifugeur en le lavant trois fois à l'alcool pur que l'on brûla ensuite. On le laissa se refroidir, et l'on disposa ensuite à environ 6 cm. au-dessus de son fond

6 boucles de fil de platine du dépôt qui provenait d'une jeune culture de chacune des levures. On mit le centrifugeur en marche. Au bout de 2 minutes celui-ci tournait à 7.000 tours à la minute. On le laissa marcher pendant 2 autres minutes au cours desquelles il atteignit une vitesse de 10.000 tours à la minute, puis on l'arrêta.

Expérience 2. On laissa le centrifugeur atteindre 16.000 tours, et on le maintint à cette vitesse pendant 30 secondes. Après cette opération on enleva la levure, qui avait formé un cercle blanc dans le centrifuge, au moyen d'un morceau d'ouate stérilisée qu'on plaça dans un vase contenant 200 cm.³ d'une solution récemment préparée d'extrait de malt d'une densité de 1,040. On prépara des témoins en mettant dans des vases identiques 6 boucles de fil de platine des cultures de levures correspondantes non-centrifugées.

Les deux séries de vases furent ensuite clos au moyen de bouchons contenant un peu d'acide sulfurique, et conservés à une température de 15 à 18° C. Tous les jours ils furent pesés afin de se rendre compte de la perte de gaz carbonique.¹

L'examen au microscope ne révéla aucune différence entre les cellules de levures centrifugées et celles qui ne l'étaient pas.

Une maladie grave nous a obligé à suspendre nos travaux pendant dix-huit mois, mais nous avons pu maintenant les reprendre (printemps 1933), et nous continuerons nos recherches toutes les fois que nos autres occupations nous en laisseront le loisir.

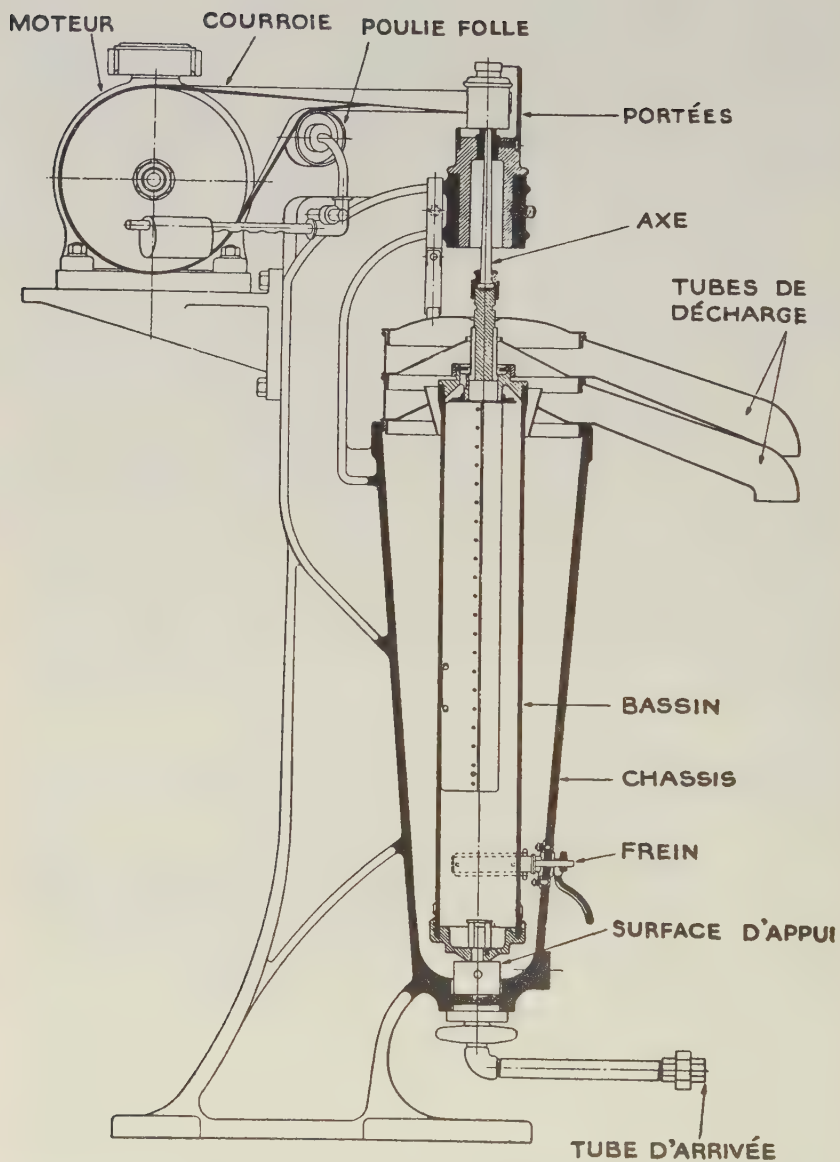
Nous avons l'intention d'expérimenter l'effet de la centrifugation sur une série de bactéries, de fongi, d'amobae, d'algues et autres plantes.

Nous avons constaté au cours de ces expériences que les cellules remplies de plasma sont rejetées plus vite que les vieilles cellules. Cela peut avoir une importance considérable pour le brasseur, puisque la bière peut être ainsi débarrassée des jeunes cellules de levure qu'elle contient par un simple passage au centrifugeur.

Un autre point intéressant, c'est que la centrifugation des bactéries pathogènes a peut-être le même effet retardateur sur les toxines que sur les zymases de la levure. Il nous semble probable que l'action prophylactique d'une culture de bactéries pathogènes peut être augmentée par un passage dans le centrifuge, et que cette méthode est utilisable au lieu de celles employées actuellement dans ce but en médecine.

L'emploi du centrifugeur est également tout indiqué dans la

¹ Voir graphiques, pp. 97-108.



Coupe du centrifugeur Sharples

brasserie, car nous avons remarqué que les cellules jeunes et remplies de protoplasme (levures sauvages) ont un poids spécifique plus grand que les vieilles cellules et par conséquent s'en séparent facilement.

Nous faisons actuellement des essais avec un centrifugeur tournant à 40.000 tours à la minute.

RÉSUMÉ

On a décrit les types de levures que l'on rencontre dans les cidres anglais et on a déterminé leurs principaux caractères.

On a isolé et décrit les bactéries qui produisent l'acide acétique que l'on trouve communément dans les cidres. On a également déterminé la production de l'acide acétique dans différentes conditions. On a relaté l'influence qu'exercent d'autres acides organiques sur le développement des bactéries de l'acide acétique, et comment ces dernières se comportent dans différentes solutions de sucres. On a en outre rendu compte de certaines expériences comportant exclusion de l'air.

On a isolé les bactéries qui causent la maladie de la pousse, et on a étudié leur action dans le cidre en même temps que les produits auxquels elles donnent naissance. On a démontré que leur développement est arrêté par l'addition de différents acides organiques, et que l'acide tartrique employé à 10 % amène ce résultat, dans la plupart des cas. On a également indiqué l'influence de différents sels.

On a réussi à isoler pour la première fois en Angleterre, un bacille en forme de bâtonnet causant la maladie de la graisse, et on a déterminé ses caractères. On a également étudié comment ce bacille se comportait en présence d'un acide organique. On aensemencé plusieurs cidres avec une culture pure de ce bacille, et on a obtenu la preuve qu'il est bien la cause de la maladie.

On a déterminé expérimentalement la rapidité de la fermentation chez différents jus, et l'on a prouvé que le principal facteur qui détermine l'allure de la fermentation de ces jus est leur contenu azoté.

On a étudié l'action dans le jus de pomme de différentes cultures pures de levures.

On a montré par plusieurs expériences l'influence exercée sur le cidre par la nature du fût qui le contient.

On a étudié l'action de l'anhydride sulfureux sur le cidre. On a examiné différents types de filtres, et on a prouvé qu'il était possible de débarrasser un liquide de ses bactéries en employant le filtre Seitz.

Enfin, on a obtenu la preuve que l'on peut considérablement retarder la fermentation d'un jus en le faisant passer à travers un centrifugeur tournant à 16.000 tours à la minute.

On a trouvé que cette action retardatrice sur la zymase des levures était de règle générale.

APPENDICE

CI-DESSOUS on trouvera quelques analyses typiques de pommes anglaises. Les chiffres portés à la colonne 'fermentation' ont été obtenus en exposant à une température de 25° C. un petit échantillon de jus frais et en en prenant la densité une fois tous les deux jours. Ils expriment en degrés la perte quotidienne de densité. Ce n'est pas là une méthode scientifique, bien entendu, mais elle a toutefois l'avantage de donner des renseignements utiles pour la pratique. Une perte par jour de 1-3° signifie fermentation lente, 3-6° fermentation médium, au-dessus de 6° fermentation rapide. Le tanin est déterminé en filtrant avec une solution de permanganate de potasse, 0,385 par litre, avec indigo-carmin comme indicateur.

On classe les pommes en trois catégories:

Pommes aigres, acidité de 0,45% ou plus, déterminée comme acide malique.

Pommes douces, acidité inférieure à 0,45%, et contenu de tanin inférieur à 0,2%.

Pommes douces-amères, acidité inférieure à 0,45%, et contenu de tanin supérieur à 0,2%.

<i>Variété</i>	<i>Fabriqué le:</i>	<i>Poids spécifique du jus frais</i>	<i>Pourcentage d'acide malique</i>	<i>Pourcentage de tanin</i>	<i>Fermentation</i>
POMMES AIGRES					
Kingston Black . . .	23.11.32	1,057	0,70	0,20	4,1
Redstreak	24.10.32	1,039	1,23	0,12	8,0
Frederick	26.10.32	1,050	1,10	0,14	6,3
Frederick	26.10.32	1,046	1,28	0,13	6,0
Stoke Red	8.11.32	1,046	0,69	0,23	4,6
Langworthy	18.11.32	1,043	0,56	0,11	4,6
Crimson King	28.11.32	1,054	0,56	0,14	4,8
Sour Clusters	9.12.32	1,042	0,60	0,22	5,0
VARIÉTÉS DOUCES					
Sweet Alford	7.11.32	1,049	0,26	0,15	9,5
Sweet Alford	15.11.32	1,049	0,20	0,12	4,2
Berkeley Pippin . . .	28.11.32	1,051	0,27	0,15	8,7
Woodbine	28.11.32	1,048	0,39	0,12	5,4
Perthyre	11.11.32	1,054	0,34	0,17	7,3
VARIÉTÉS DOUCES-AMÈRES					
Cherry Norman	15.11.32	1,049	0,21	0,25	5,5
Knotted Kernel	18.11.32	1,061	0,28	0,39	5,5
Strawberry Norman . .	5.12.32	1,052	0,34	0,36	5,7
White Norman	24.10.32	1,053	0,26	0,36	5,8
POIRÉS					
Blakeney Red	4.11.32	1,043	0,47	0,09	4,3
Oldfield	28.11.32	1,050	0,46	0,10	7,7
GROUPE DOUX-AMER					
Dabinett	28.12.32	1,051	0,29	0,28	6,5

DESCRIPTION DES FIGURES

Âge des jeunes cultures en moût de bière = 24 heures

„ „ vieilles bandes = 4 mois

„ „ cultures sédimentaires = 15 jours

„ „ pellicules = 9 jours

<i>Levure A.</i>	<i>Planche I.</i>	<i>Cliché</i>	1	Jeune culture en moût de bière. × 600
		„	2.	Vieille culture en surface. × 750
		„	3.	Végétation sédimentaire. × 750
		„	4.	Spores provenant d'une culture sur pomme de terre. × 750
		„	5.	Stades de la germination des spores. × 1250.
		„	6.	a, b, c, d. Bourgeonnement (culture en goutte). × 1250.
<i>Levure B.</i>	<i>Planche II.</i>	„	7.	Jeune culture en moût de bière. × 750.
		„	8.	Vieille culture en surface. × 750.
		„	9.	Végétation sédimentaire. × 750
		„	10.	Spores provenant d'une culture sur carotte et d'une vieille culture en surface. × 750.
		<i>Planche I.</i>	„	11. Stades dans la germination des spores. × 1250.
		„	12.	a, b, c, d. Bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure C.</i>	<i>Planche II.</i>	„	13.	Jeune culture en moût de bière. × 850.
		„	14.	Vieille culture en surface. × 1000.
		„	15.	Végétation sédimentaire. × 1000.
		„	16.	a, b, c, d. Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure D.</i>	„	„	17.	Jeune culture en moût de bière. × 850.
		„	18.	Vieille culture en surface. × 850.
		„	19.	Végétation sédimentaire. × 850.
		„	20.	Pellicule. × 1000.
		„	21.	a, b, c, d. Stades dans le bourgeonnement. × 1000.
<i>Levure E.</i>	„	„	22.	Jeune culture en moût de bière. × 850.
		„	23.	Vieille culture en surface. × 850.
		„	24.	Végétation sédimentaire. × 850.
	<i>Planche III.</i>	„	25.	Pellicule. × 1000.
		„	26.	a, b, c, d. Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure F.</i>	„	„	27.	Jeune culture en moût de bière. × 850.
		„	28.	Vieille culture en surface. × 1000.
		„	29.	Végétation sédimentaire. × 1000.
		„	30.	Stades dans la conjugaison et la formation des spores (provenant d'une vieille culture en surface). × 1000.

<i>Levure F.</i>	<i>Planche III.</i>	<i>Cliché</i>	31. Germination des spores. × 1250.
	"	"	32. <i>a, b, c, d.</i> Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure G.</i>	"	"	33. Jeune culture en moût de bière. × 750.
	"	"	34. Vieille culture en surface. × 1000.
	"	"	35. Végétation sédimentaire. × 1000.
	"	"	36. Pellicule. × 1000.
	"	"	37. Stades dans la conjugaison et la formation des spores (provenant d'une culture sur porcelaine poreuse). × 1000.
	<i>Planche IV.</i>	"	38. Germination des spores. × 1250.
	"	"	39. <i>a, b, c, d.</i> Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure H.</i>	"	"	40. Jeune culture en moût de bière. × 600.
	"	"	41. Vieille culture en surface. × 600.
	"	"	42. Végétation sédimentaire. × 750.
	"	"	43. Spores provenant d'une culture sur carotte. × 750.
	"	"	44. Germination des spores. × 1250.
	"	"	45. <i>a, b, c, d.</i> Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure I.</i>	"	"	46. Jeune culture en moût de bière. × 450.
	"	"	47. Vieille culture en surface. × 600.
	"	"	48. Végétation sédimentaire. × 750.
	"	"	49. Spores provenant d'une vieille culture en surface. × 750.
	"	"	50. Germination des spores. × 850.
	<i>Planche V.</i>	"	51. <i>a, b, c, d.</i> Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure J.</i>	"	"	52. Jeune culture en moût de bière. × 450.
	"	"	53. Vieille culture en surface. × 600.
	"	"	54. Végétation sédimentaire. × 750.
	"	"	55. Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure K.</i>	"	"	56. Jeune culture en moût de bière. × 600.
	"	"	57. Vieille culture en surface. × 750.
	"	"	58. Végétation sédimentaire. × 850.
	"	"	59. Spores provenant d'une culture sur carotte. × 750.
	"	"	60. Germination des spores. × 1250.
	"	"	61. <i>a, b, c, d.</i> Stades dans le bourgeonnement. × 1250.
<i>Levure L.</i>	"	"	62. Jeune culture en moût de bière. × 750.
	<i>Planche VI.</i>	"	63. Vieille culture en surface. × 1000.
	"	"	64. Végétation sédimentaire. × 1250.
	"	"	65. <i>a, b, c, d.</i> Stades dans le bourgeonnement. × 1500.
<i>Levure M.</i>	"	"	66. Jeune culture en moût de bière. × 600.

Levure M. Planche VI. Cliché 67. Vieille culture en surface. × 750.

„ „ 68. Végétation sédimentaire. × 750

„ „ 69. *a, b, c, d.* Stades dans le bourgeonnement. $\times 1250$.

Planche VII. Photographies de cultures en surface.

A = Cliché 70, grandeur naturelle

H = Cliché 77, grandeur naturelle

$B =$ „ 71 „

I = „ 78 „

C = „ 72 „

J = „ 79 „

D = „ 73 „

$K =$ „ 80 „

$E =$ „ 74 „

$L =$ „ 81 „

$F =$ „ 75 „

$M =$ „ 82 „

$G =$ „ 76 „

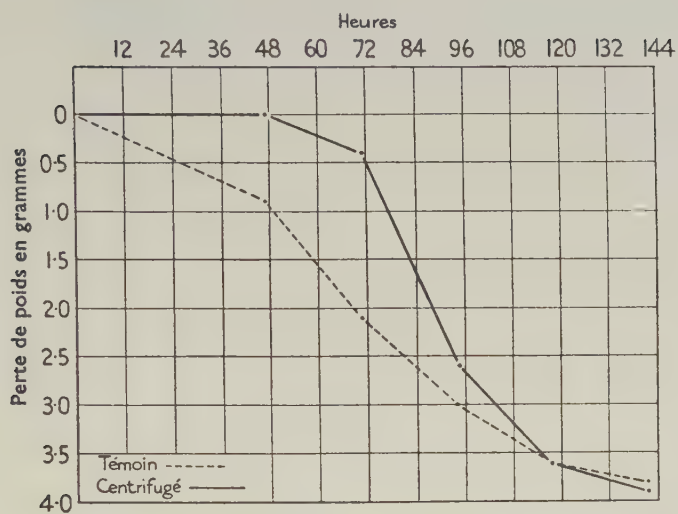
A et *E*, âge: près de 5 semaines.

B, H et M, âge: 3 semaines.

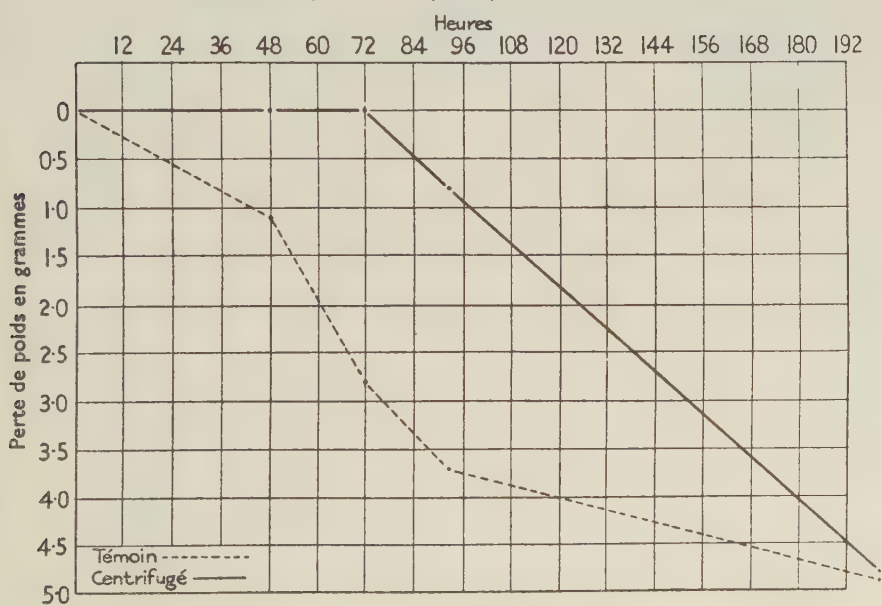
C, D, F, G, I, J, K et L, âge: 5 semaines et demie.

(97)

LEVURE DE BIÈRE ANGLAISE

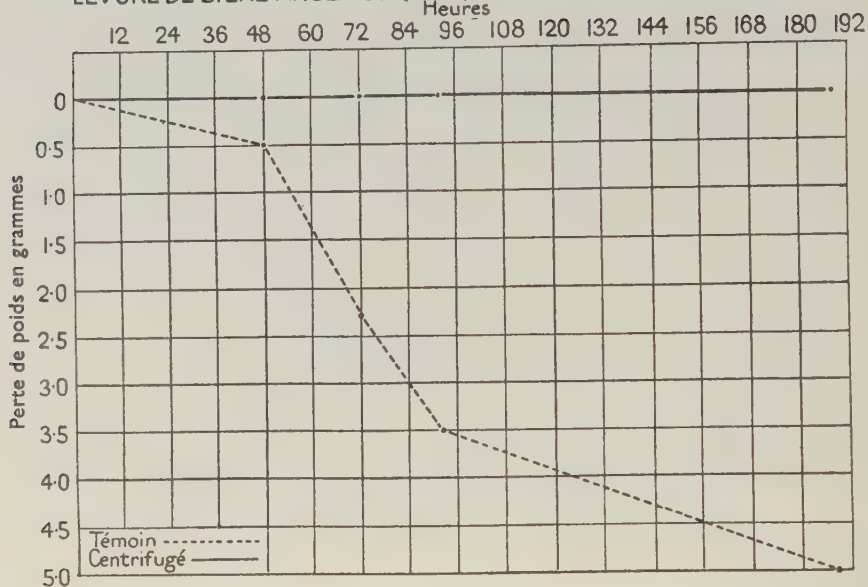


LEVURE DE BIÈRE (Dortmund) (Basse)

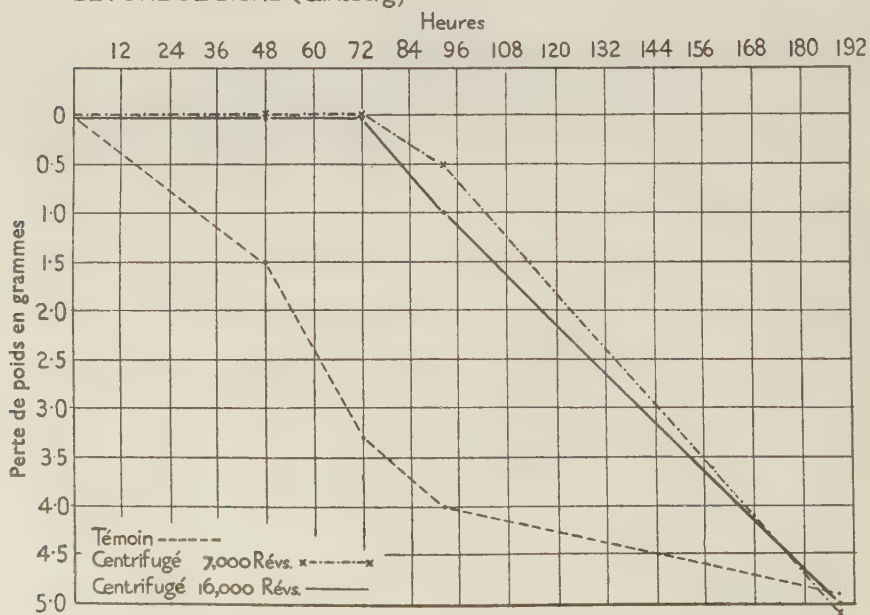


(98)

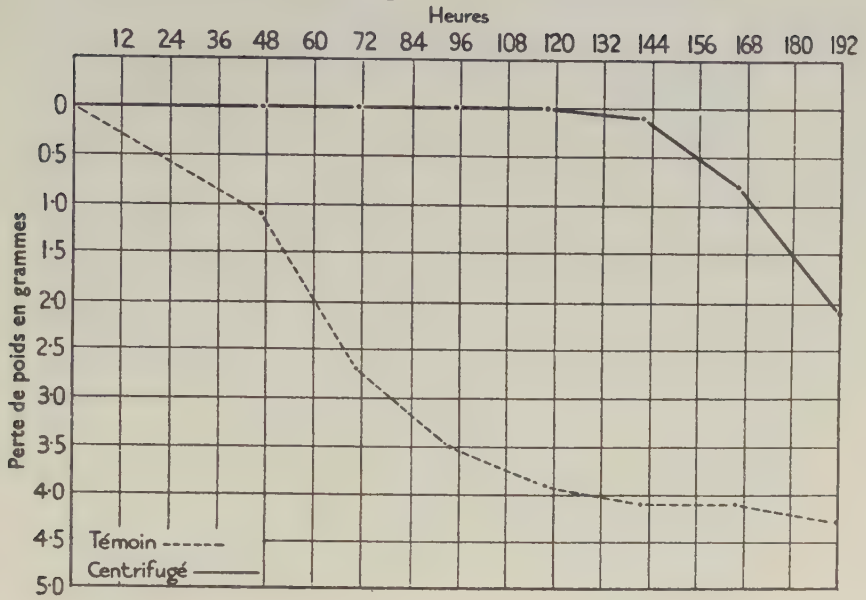
LEVURE DE BIÈRE ANGLAISE (Haute)



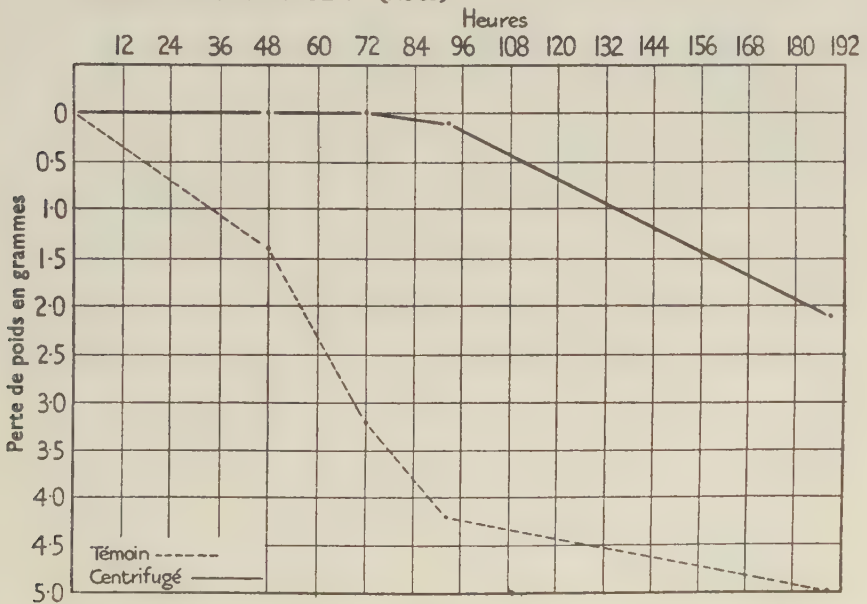
LEVURE DE BIÈRE (Carlsberg)



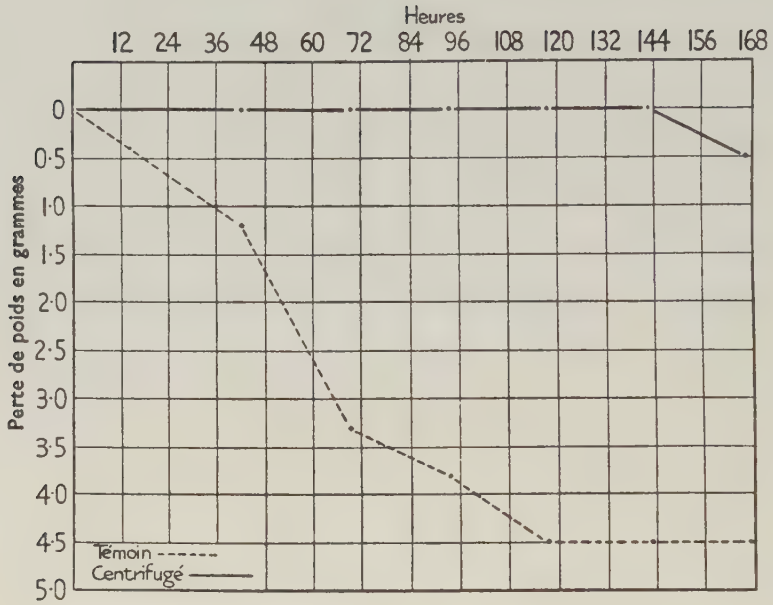
LEVURE DE BIÈRE (Carlsberg)



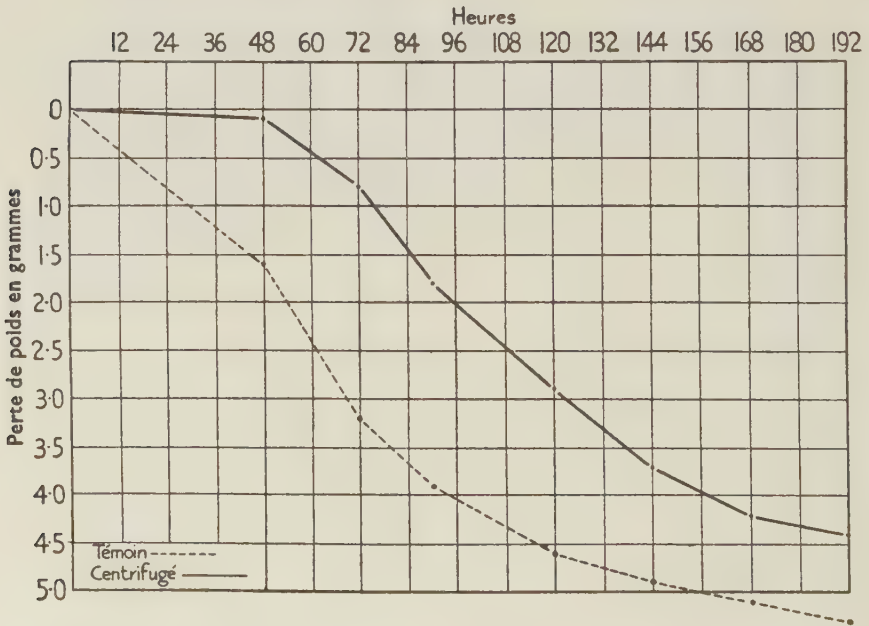
LEVURE DE BOULANGERIE (No.39)



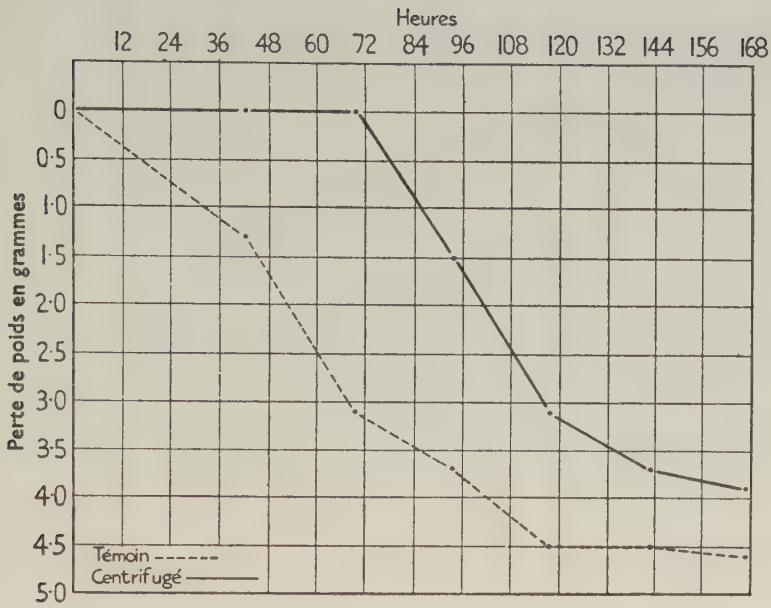
LEVURE DE VIN (Riesling)



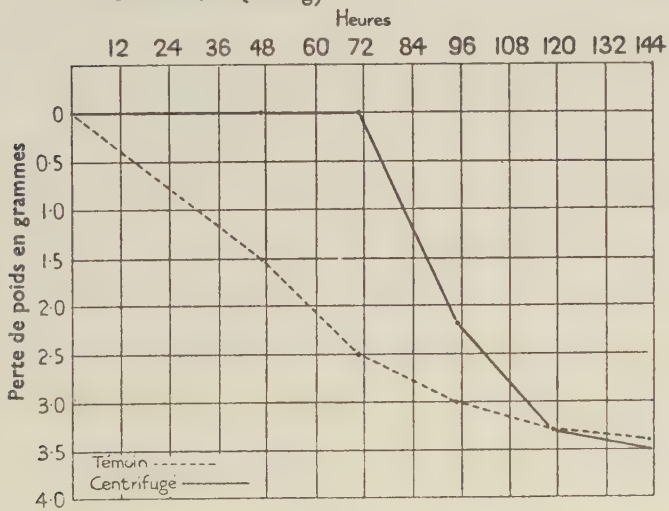
LEVURE DE BOULANGERIE (No.39)



LEVURE DE VIN (Riesling)

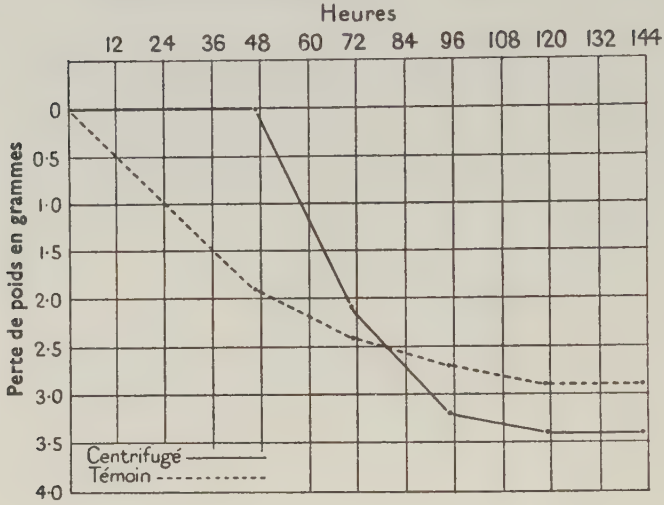


LEVURE DE VIN (Riesling)

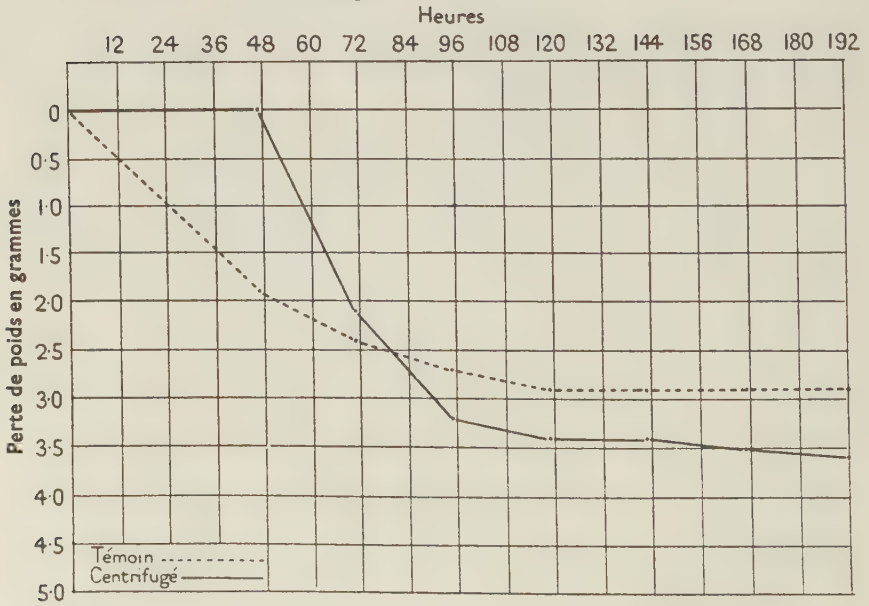


(102)

LEVURE DE VIN (Champagne)

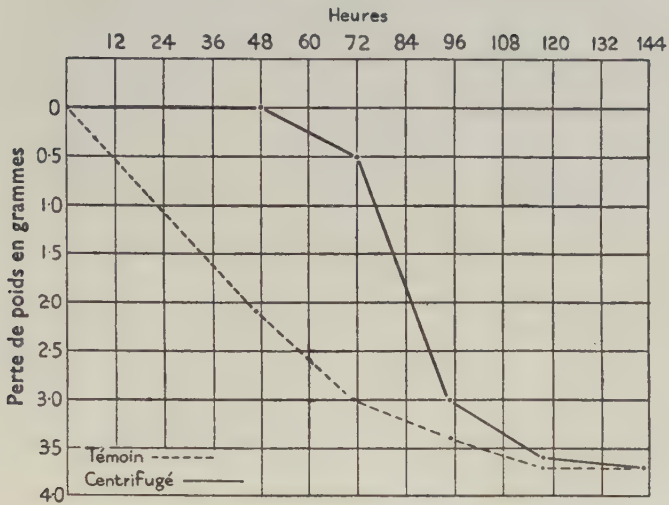


LEVURE DE VIN (Champagne)

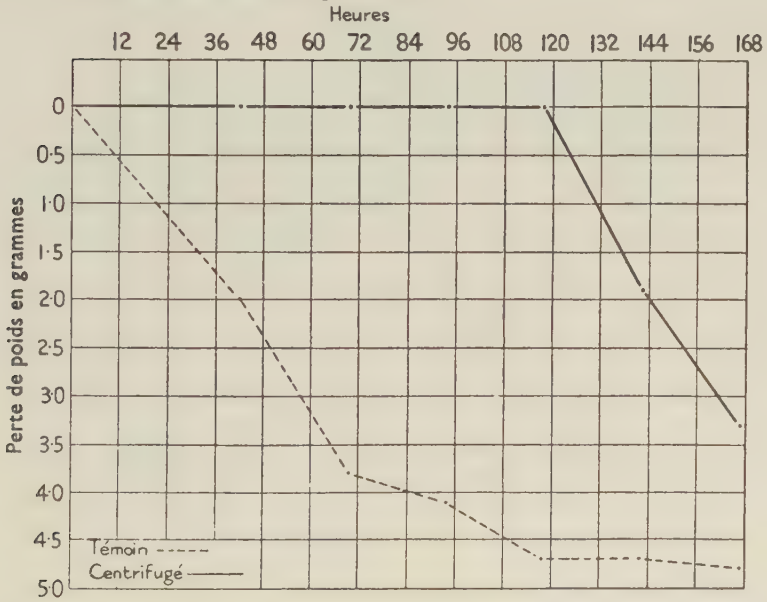


(103)

LEVURE DE CIDRE (Kingston Black)

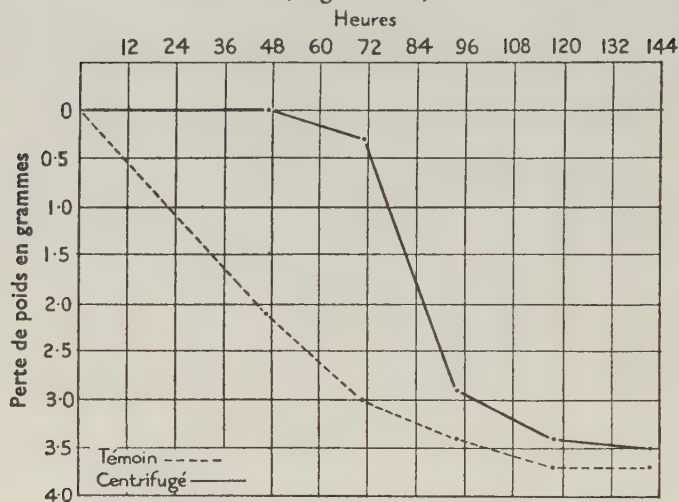


LEVURE DE CIDRE (Kingston Black)

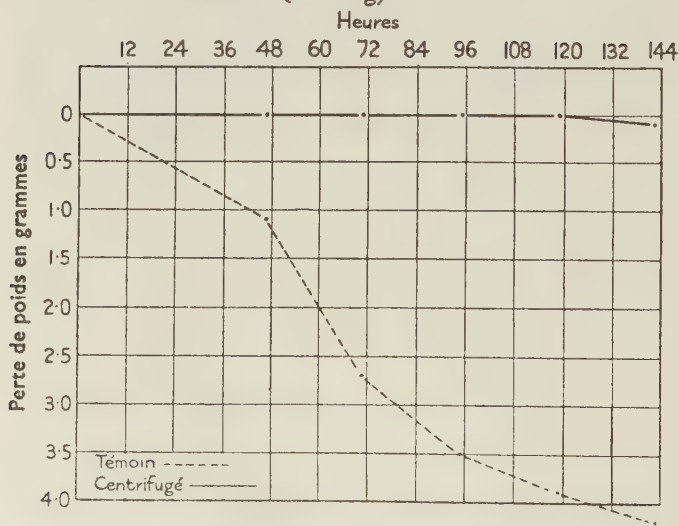


(104)

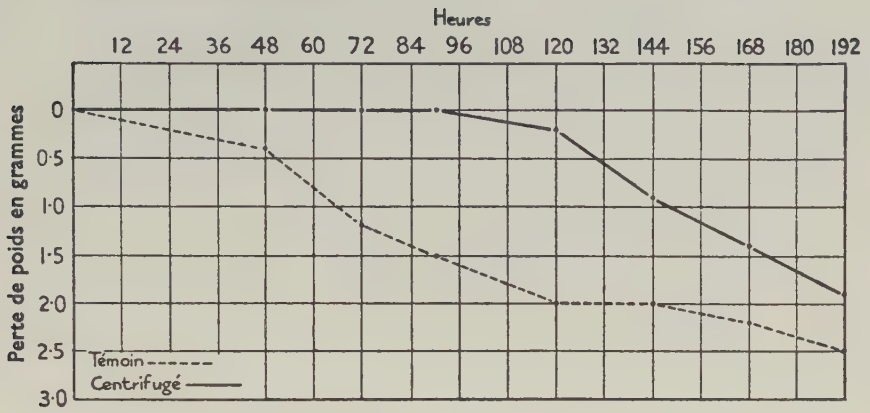
LEVURE DE CIDRE (Kingston Black)



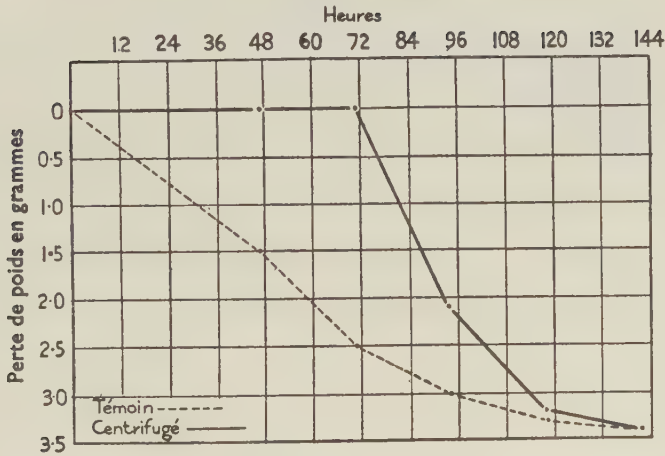
LEVURE DE BIÈRE (Carlsberg)



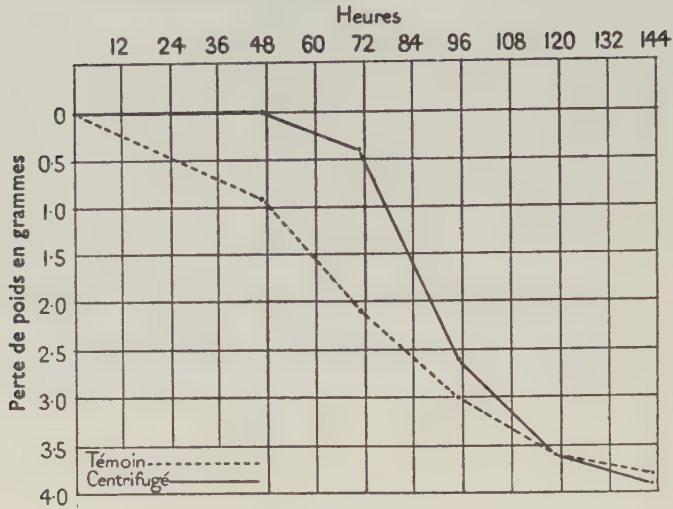
LEVURE DE VIN DU RHIN



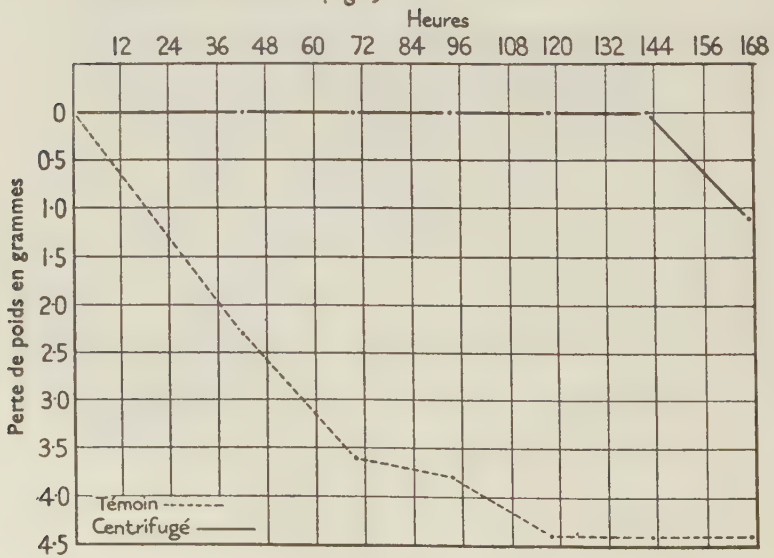
LEVURE DE VIN DU RHIN



LEVURE DE BIÈRE ANGLAISE



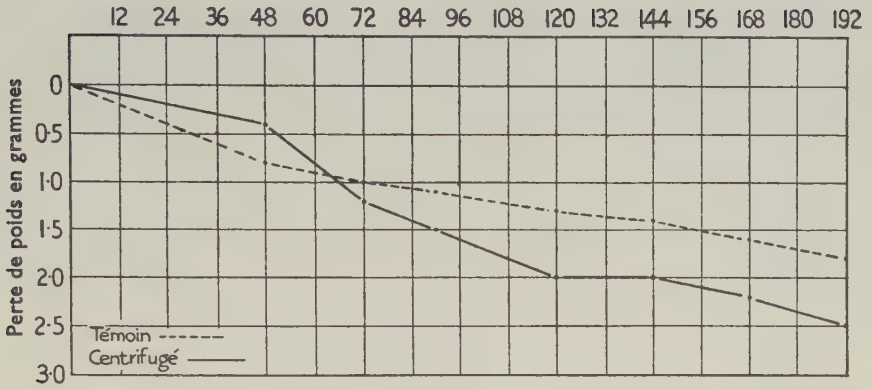
LEVURE DE VIN (Champagne)



(107)

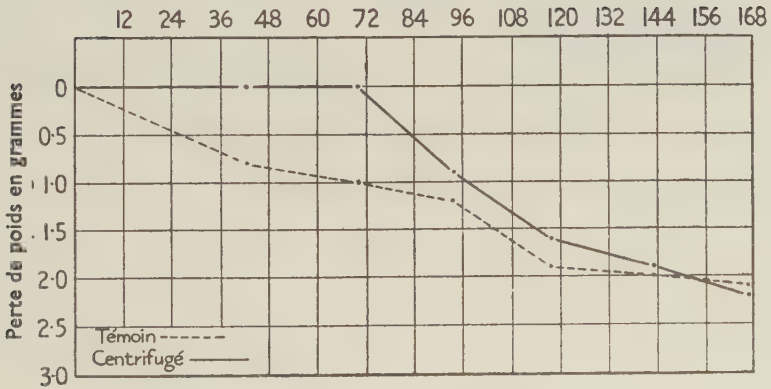
LEVURE DE CIDRE (Strawberry Norman)

Heures



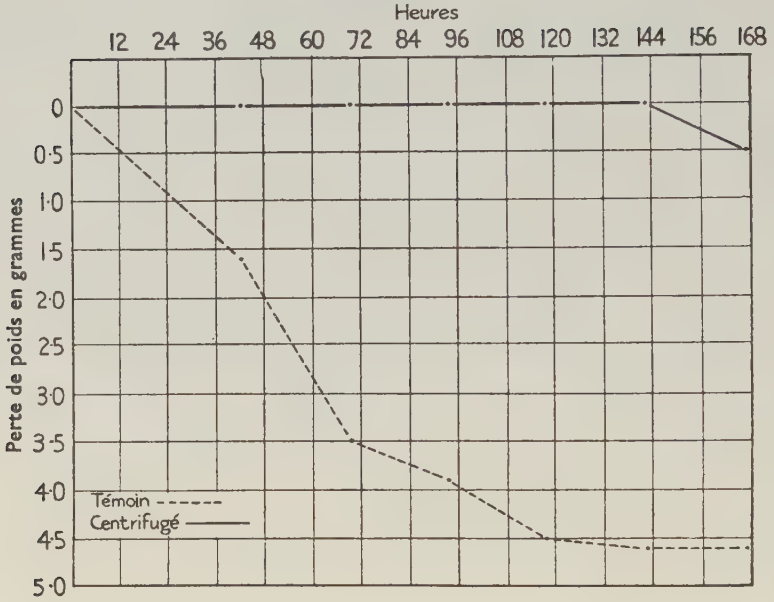
LEVURE DE CIDRE (Strawberry Norman)

Heures

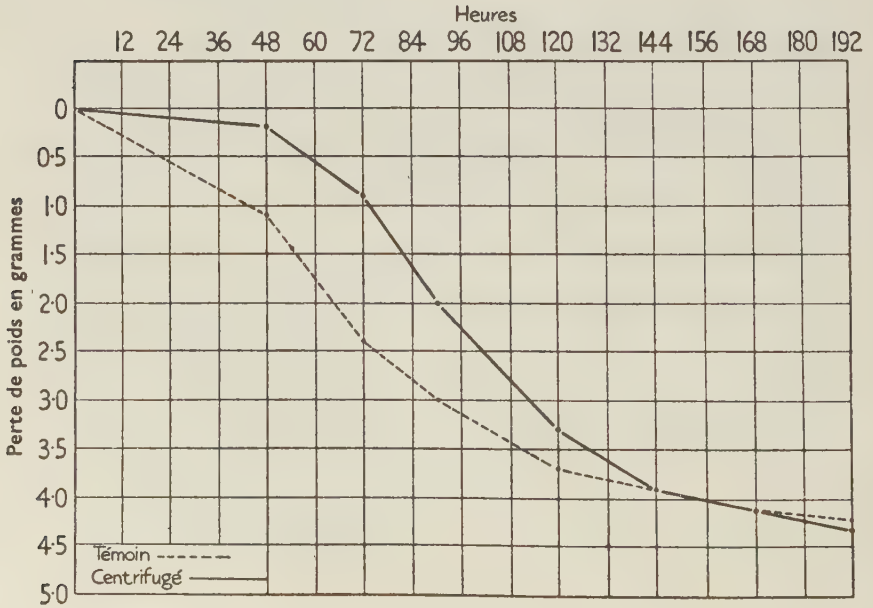


(108)

LEVURE DE CIDRE (Sweet Alford)



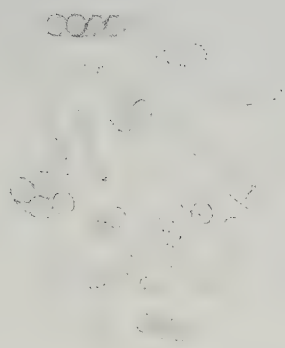
LEVURE DE CIDRE (Sweet Alford)



1.



2.



4.



7.



3.



6.



12.

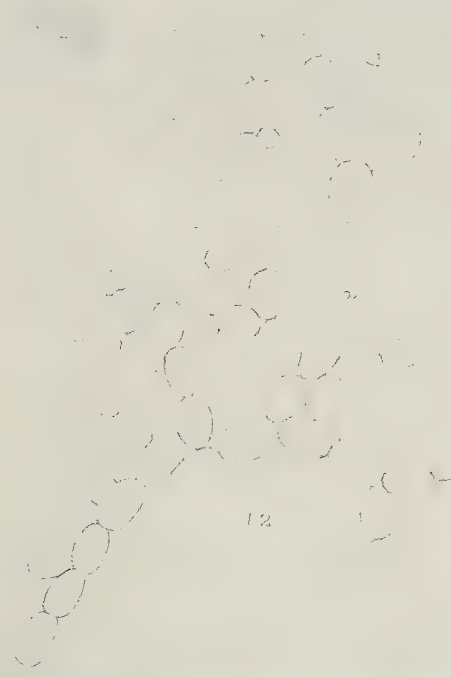


PLANCHE II

1.

12.

13.

16.

a.

b.

17.

18.

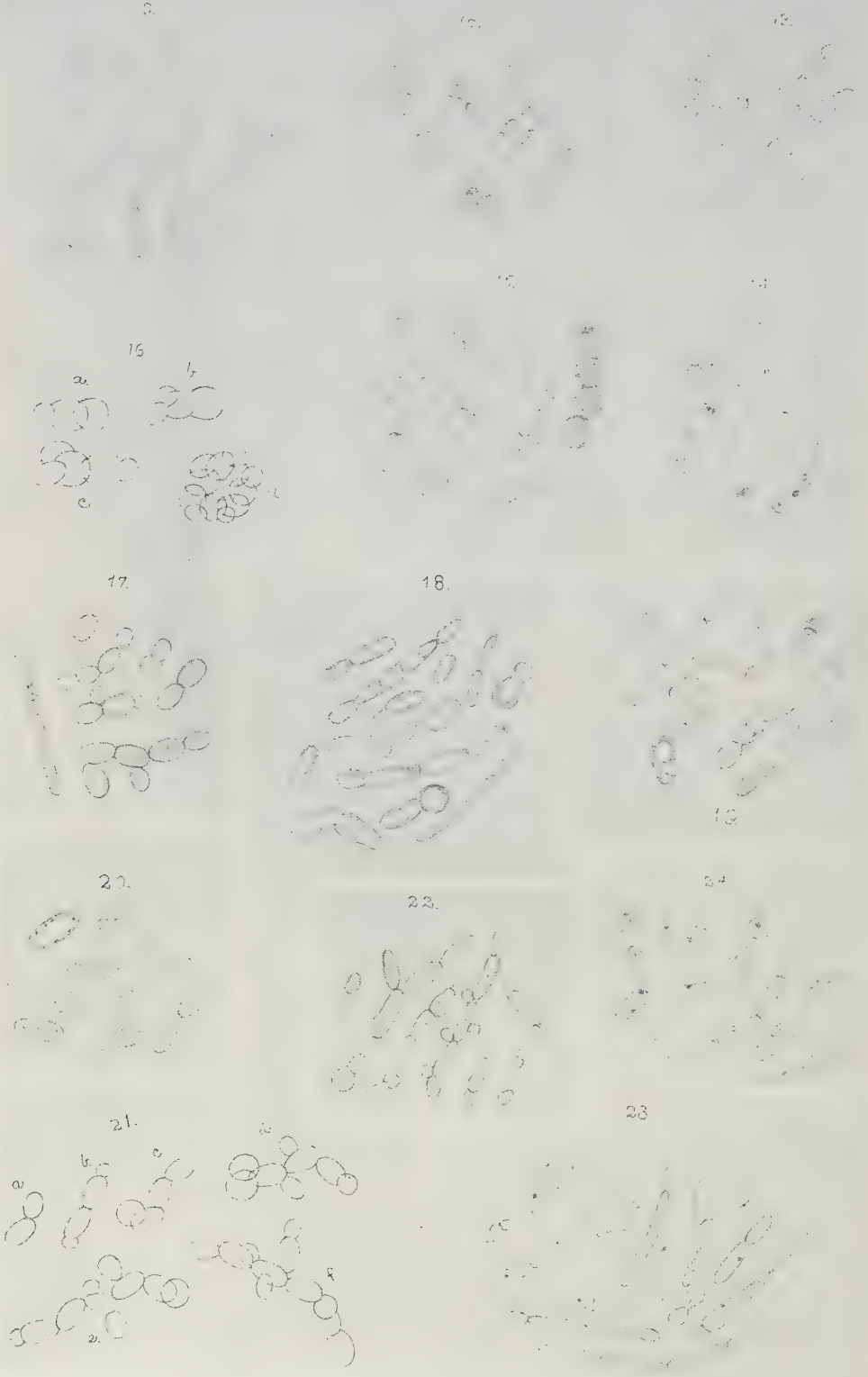
20.

22.

24.

21.

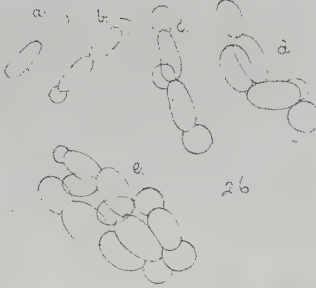
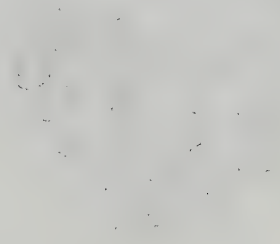
23.



25.

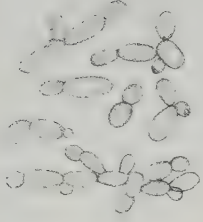


23.



26.

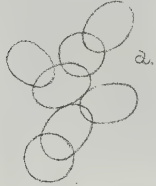
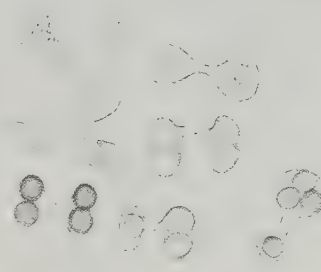
27.



32.



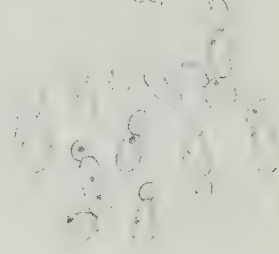
30.



28.



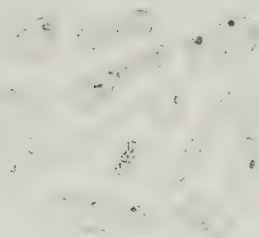
35.



33.



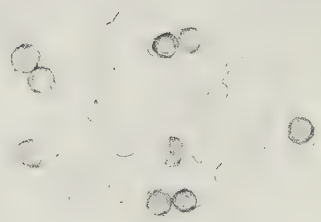
34.



31.



37.



29.



PLANCHE IV

3.

42.

41.

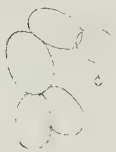
44.

46.

47.

49.

45.



51.

52.

53.

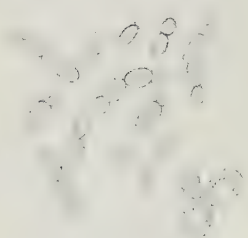
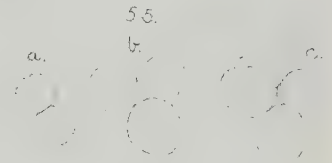
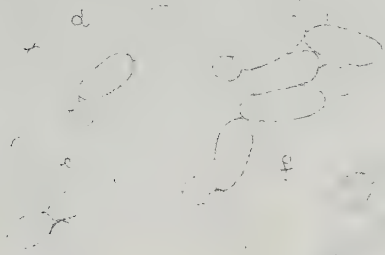
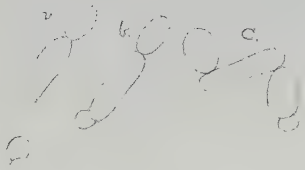


PLANCHE VI

64.

68.

67.

63.

66.

65.

a.

b.

c.

d.

69.

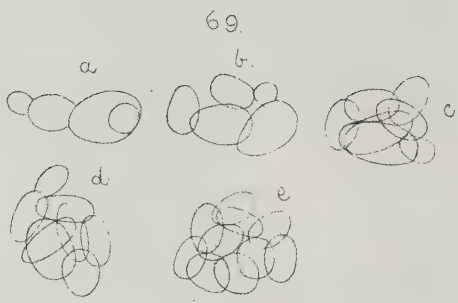
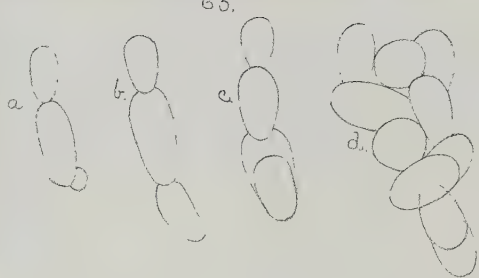
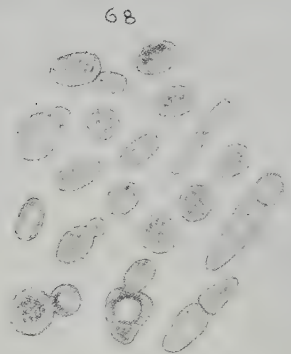
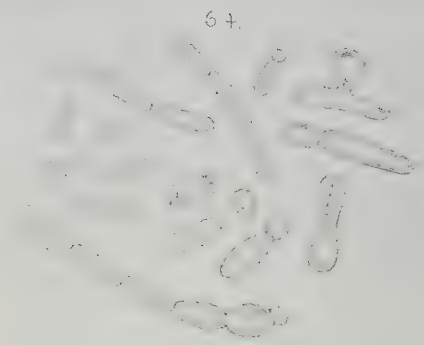
a.

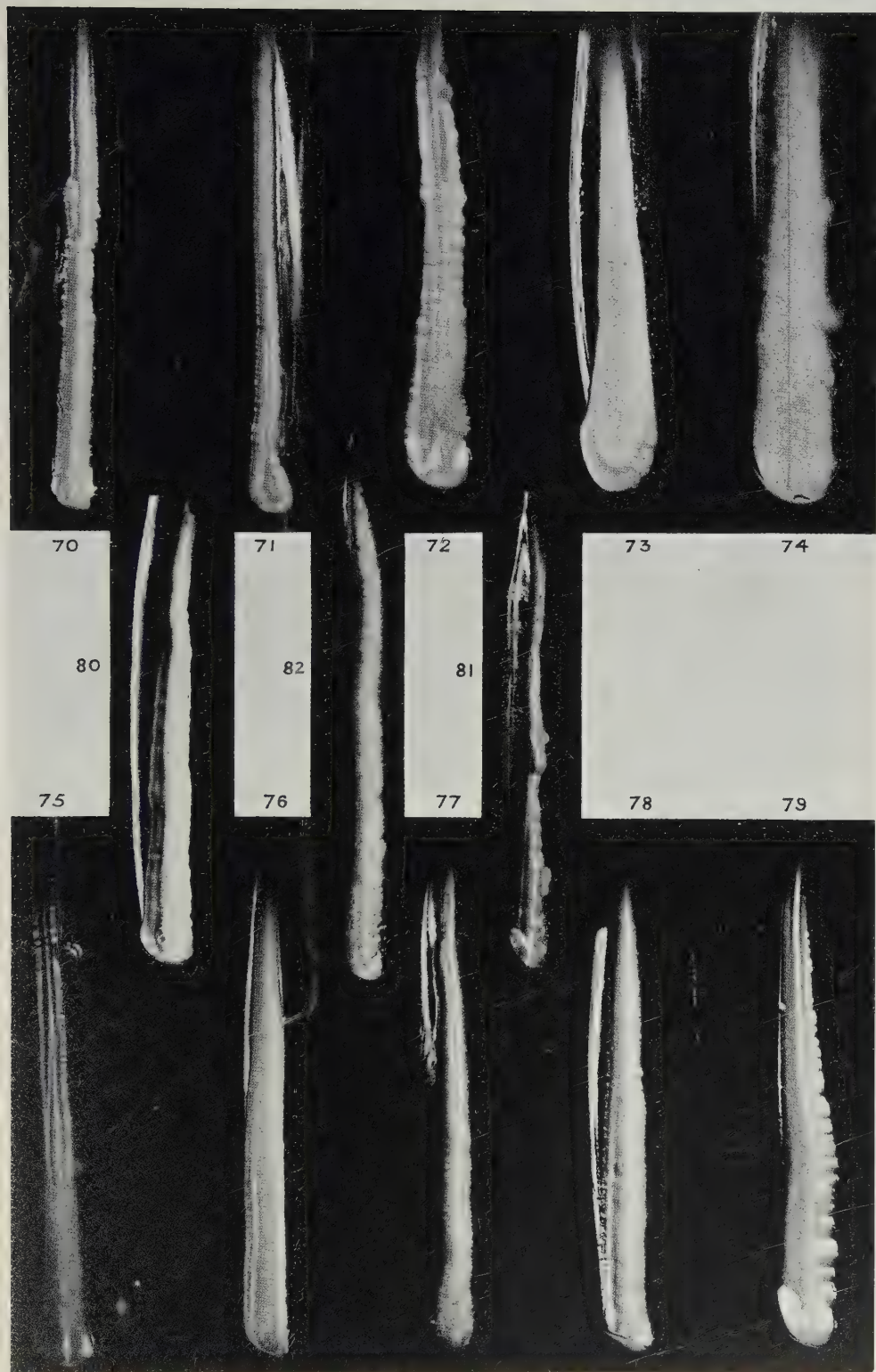
b.

c.

d.

e.





SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

SUR LES SUBSTANCES CAPABLES D'ARRÊTER LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

Vu et approuvé:

Caen, le 20. octobre 1937

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

BLANC.

Vu et permis d'imprimer:

Le Recteur de l'Académie de Caen,

DIGEON

